This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

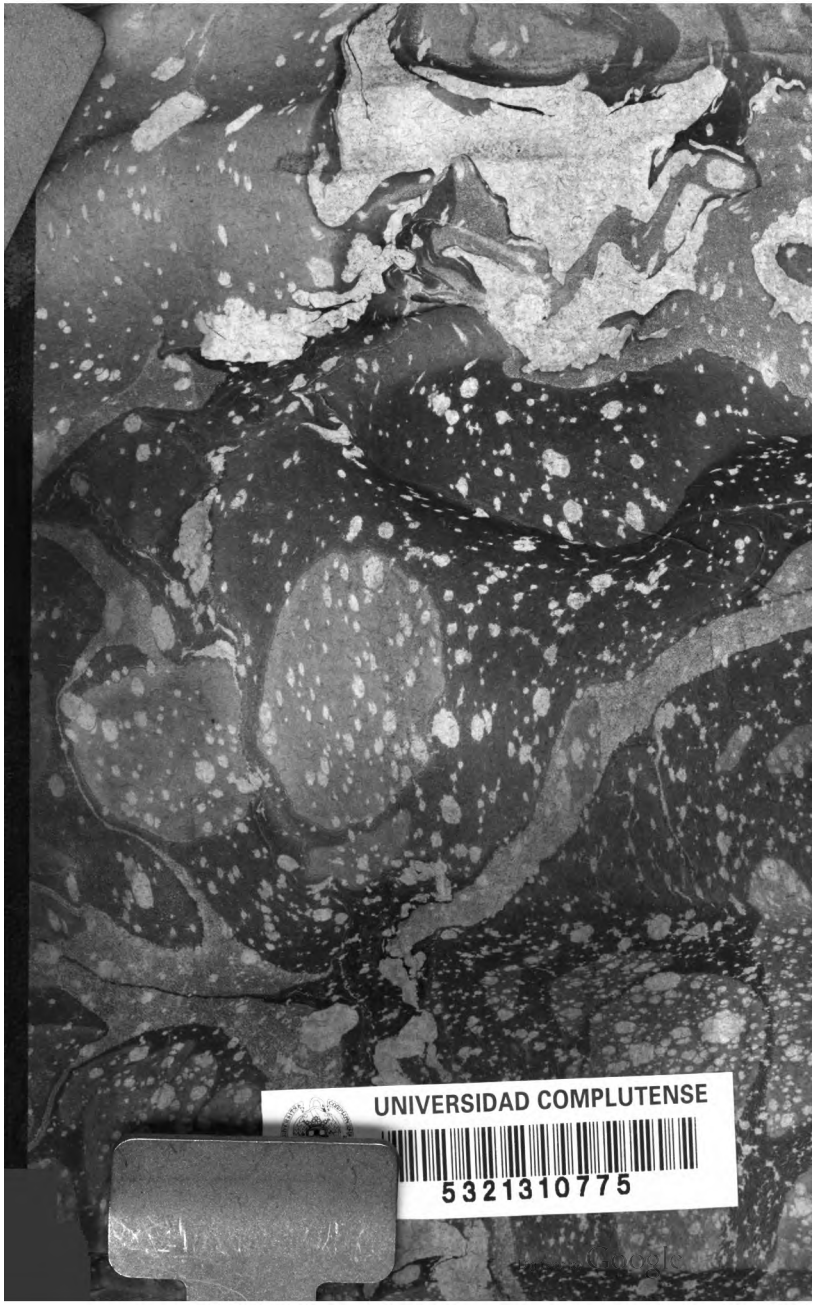
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`


UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
5321310775

94-3-49

L 37.7 A.N.4

Digitized by Google

0 | 0 - obra incompleta - Bail p. 14.

EXTRAIT DU CATALOGUE

DE LANGLOIS ET LECLERCQ, LIBRAIRES,
Rue de la Harpe, 81, à Paris.

HISTOIRE NATURELLE. — SCIENCES ET ARTS.

DICTIONNAIRE UNIVERSEL

D'HISTOIRE NATURELLE,

RÉSUMANT ET COMPLÉTANT

Tous les faits présentés par les Encyclopédies, les anciens Dictionnaires scientifiques, les œuvres complètes de Buffon, de Lacépède, de Cuvier, et par les meilleurs traités spéciaux sur les diverses branches des sciences naturelles ; — Donnant la description des êtres et des divers phénomènes de la nature ; l'étymologie et la définition des noms scientifiques ; les principales applications des corps organiques et inorganiques à l'agriculture, à la médecine, aux arts industriels, etc. :

OUVRAGE UTILE

AUX MÉDECINS, AUX PHARMACIENS, AUX AGRICULTEURS, ET GÉNÉRALEMENT A TOUS LES HOMMES DÉSIREUX DE S'INITIER AUX MERVEILLES DE LA NATURE.

Ouvrage rédigé par une réunion de Savants

ET DIRIGÉ

PAR M. CHARLES D'ORBIGNY.

Prix de la Série,

Paraissant tous les 20 jours et composée de 4 feuilles de texte et de 2 planches.

Texte sans planche.	1 fr. » c.	Texte avec fig. coloriées in-8.	2 fr. 75 c.
— avec fig. noires in-8. .	1 50	— — coloriées in-4.	3 50

Pour la province (franco *par la poste*), 1 fr. 50 c. de plus par volume.

D'après ce qui précède, on voit que chaque volume ou demi-tome coûte, savoir :

Texte seul comprenant 6 séries.	6 fr.
— accompagné de 12 planches noires in-8.	9
— — — coloriées in-8.	16 50

12 séries sont en vente, formant six demi-volumes ou trois tomes.

PRINCIPES DE GÉOLOGIE

OU

ILLUSTRATIONS DE CETTE SCIENCE

EMPRUNTÉES

AUX CHANGEMENTS MODERNES QUE LA TERRE ET SES HABITANTS ONT SUBIS.

PAR CH. LYELL, Esq.,

Ouvrage traduit de l'anglais sur la 6e édit., et sous les auspices de

M. ARAGO,

Par Mme TULLIA MEULIEN,

Traducteur des *Éléments de Géologie* du même auteur.

1 fort vol. in-12, orné de cartes, de vignettes sur acier et de gravures sur bois cartonné en toile anglaise, 7 fr. 50 c.

Digitized by Google

COURS ÉLÉMENTAIRE

D'HISTOIRE NATURELLE

A L'USAGE

DES COLLÉGES ET DES MAISONS D'ÉDUCATION,

Rédigé

Conformément au Programme de l'Université du 14 septembre 1840.

OUVRAGE ADOPTÉ PAR LE CONSEIL ROYAL DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.

Le Cours comprend :

LA ZOOLOGIE,

Par M. MILNE-EDWARDS, membre de l'Institut, professeur au Jardin des Plantes;

LA BOTANIQUE,

Par M. A. de Jussieu, membre de l'Institut, professeur au Jardin des Plantes;

LA MINÉRALOGIE ET LA GÉOLOGIE,

Par M. F. S. BEUDANT, membre de l'Institut, inspecteur général des études.

3 forts volumes in-12, ornés de plus de 2000 figures intercalées dans le texte.

Chaque volume se vend séparément.

Broché. . . . . 6 fr. | Cartonné à l'anglaise. 7 fr.

La Géologie seule. Broché. . . 3 fr. 50 c.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE

OU

TRAITÉ DE LA RECHERCHE ET DE L'EXPLOITATION

DES MINÉRAUX UTILES,

PAR M. AMÉDÉE BURAT,

Ingénieur, Professeur d'exploitation des mines à l'École centrale des Arts et Métiers.

Un beau vol. in-8° divisé en deux parties,

Ornées de vues pittoresques gravées sur acier et d'un grand nombre sur bois, intercalées dans le texte.

Prix : 12 fr.

Digitized by Google

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

DE BOTANIQUE

FONDÉES SUR L'ANALYSE DE 50 PLANTES VULGAIRES,

Et formant

UN TRAITÉ COMPLET

D'ORGANOGRAPHIE ET DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

A L'USAGE DES ÉTUDIANTS ET DES GENS DU MONDE.

PAR M. EMM. LEMAOUT,

Docteur en médecine, ex-démonstrateur à la Faculté de Médecine de Paris.

Un beau vol. in-8° divisé en deux parties,

ILLUSTRÉ D'UN ATLAS DE 50 PLANTES ET DE 500 VIGNETTES INTERCALÉES DANS LE TEXTE.

Prix du vol. complet, avec atlas noir. . . . . 15 fr.
——————— avec atlas colorié au pinceau. 25 fr.

TABLEAUX ÉLÉMENTAIRES DES SCIENCES, ARTS ET MÉTIERS.

OSTÉOLOGIE, MYOLOGIE, SYNDESMOLOGIE, SPLANCHNOLOGIE, ANGÉIOLOGIE ET NÉVROLOGIE, le tout formant un cours complet d'anatomie avec textes explicatifs, par J.-C Werner, peintre du Muséum d'histoire naturelle du Jardin des plantes de Paris; gravés avec le plus grand soin, sur acier, par Alfred GABRIEL.

Chaque tableau forme une partie complète et se vend séparément, sur une feuille jésus vélin, noir. 3 fr. 50 c.
Le même en couleur. 5 fr.
Les trois premiers ont paru, les trois autres paraîtront successivement.

MÉCANIQUE THÉORIQUE ET PRATIQUE APPLIQUÉE A LA COMPOSITION ET A L'EMPLOI DES MACHINES, à l'usage des industriels et des ouvriers, avec un texte explicatif; par PERROT, ingénieur.
Une feuille grand jésus. Prix, en noir. 1 fr. 75 c.
Le même, en couleur. 2 fr. 50 c.

VIGNOLE COMPLET MIS EN TABLEAU A L'USAGE DES ARTISTES ET DES OUVRIERS, avec un texte explicatif. Gravé par HUGUET, sur une feuille grand jésus. Prix en noir. 1 fr. 75 c.

GÉOLOGIE ET THÉORIE DES PUITS FORÉS, par PERROT, ingénieur-géographe. Une feuille jésus. Prix colorié. 1 fr. 75 c.

Digitized by Google

TABLEAU DES ANIMAUX ET DES VÉGÉTAUX AVANT LE DÉLUGE, rédigé d'après G. Cuvier, Buckland, de Humboldt, etc., d'après les végétaux et les animaux fossiles tirés des divers cabinets de l'Europe, par Perrot, ingénieur-géographe. Une feuille jésus. Prix en noir. 1 fr. 75 c.
Le même, en couleur. 3 fr. 50 c.

CHARPENTERIE, à l'usage des entrepreneurs de bâtiments, des ouvriers, etc., par A.-M. Perrot, ingénieur, avec un texte explicatif, sur une feuille jésus. 1 fr. 75 c.

SERRURERIE ET QUINCAILLERIE, à l'usage des entrepreneurs de bâtiments, des ouvriers et des propriétaires, par A.-M. Perrot; sur une feuille jésus, avec un texte explicatif. 1 fr. 75 c.

MENUISERIE, à l'usage des ouvriers, des entrepreneurs et des propriétaires; par Perrot, ingénieur, avec un texte explicatif sur une feuille jésus. 1 fr. 75 c.

TABLEAU COMPARATIF DES CHAMPIGNONS COMESTIBLES ET DES CHAMPIGNONS VÉNÉNEUX, sur une feuille jésus, avec un texte explicatif, — en couleur. 4 fr.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE, 10 parties formant 5 vol. Chaque partie. 15 fr.

MÉMOIRES POUR SERVIR A UNE DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE, par MM. Dufrenoy et Élie de Beaumont, 4 vol. parus, le cinquième est sous presse. Prix des 4 vol. 35 fr.

BLAINVILLE (Ducrotay de). Manuel d'actinologie et de zoophytologie, contenant : 1° une histoire abrégée de cette partie de la zoologie, avec des considérations générales sur l'anatomie, la physiologie, les mœurs, les habitudes et les usages des actinozoaires; 2° un système général d'actinologie, tiré à la fois des animaux et de leurs parties solides ou polypiers; 3° un catalogue des principaux auteurs qui ont écrit sur ce sujet; 1 fort vol. in-8, avec un atlas de 100 pl., représentant une espèce de chaque genre et sous-genre; en noir, 40 fr., et fig. coloriées. 100 fr.

BLAINVILLE (Ducrotay de). Manuel de malacologie et de conchyliologie, contenant : 1° une histoire abrégée de cette partie de la zoologie; des considérations générales sur l'anatomie, la physiologie et l'histoire naturelle des malacozoaires, avec un catalogue des principaux auteurs qui s'en sont occupés; 2° des principes de conchyliologie, avec une histoire abrégée de cet art et un

Digitized by Google

catalogue raisonné des auteurs principaux qui en traitent; 3° un système général de malacologie tiré à la fois de l'animal et de sa coquille dans une dépendance réciproque, avec la figure d'une espèce de chaque genre. Ouvrage contenant 109 planches dessinées par M. Prêtre, et gravées en taille-douce avec le plus grand soin sous la direction de M. Turpin; 1 vol. de texte et 1 vol. de pl. cart.; figures noires, 40 fr., et fig. color. 100 fr.

BLAINVILLE (Ducrotay de). Mémoire sur les bélemnites, considérées zoologiquement et géologiquement, 1 vol. in-4, avec 5 pl. lithographiées. 12 fr.

BOECKEL et **BUCHON**. Entretiens sur le calendrier, 1 vol. in-18, avec pl. 90 c.

BOUÉ (A.). Guide du Géologue voyageur, sur le modèle de l'*Agenda geognostica*, par M. Léonhard, 2 vol. in-12, fig. 12 fr.

BOUVIER (P. L.). Manuel des jeunes artistes et amateurs en peinture; 2e édit., 1 fort vol. in-8, avec planches. 10 fr.

BRARD. Entretiens sur la physique, 1 vol. in-18, br. 60 c.

BRARD. Entretiens sur l'art de bâtir à la campagne, 1 vol. in-18, br. 40 c.

BRARD. Entretiens sur l'industrie, 1 vol. in-18, br. 60 c.

BRARD (C. P.). Éléments pratiques d'exploitation des mines, contenant tout ce qui est relatif à l'art d'explorer la surface des terrains, d'y faire des travaux de recherche et d'y établir des exploitations réglées; la description des moyens employés pour l'extraction et le transport souterrain des minerais et des combustibles; les diverses méthodes de boiser, de murailler, aérer et assécher les mines; les secours à donner aux noyés, asphyxiés et brûlés; des notions sur l'administration, la comptabilité, etc. 1 vol. in-8, avec 32 pl. 12 fr.

BROC. Entretiens sur l'organisation du corps humain. 1 vol. in-18, br. 60 c.

BRONGNIART (Alex.). Introduction à la minéralogie, ou Exposé des principes de cette science et de certaines propriétés des minéraux, considérées principalement dans la valeur qu'on peut leur attribuer comme caractères. 1 vol. in-8, fig. 4 fr. 50 c.

BRONGNIART (Alex.). Tableau théorique de la succession et de la disposition des terrains et roches qui composent l'écorce de la terre. In-plano en noir. 3 fr.
Le même, colorié. 5 fr.

BUCH (Léopold de). Description physique des îles Canaries, suivie d'une indication des principaux volcans du globe, trad. de l'all. par C. Boulanger, ingénieur des mines; revue et augmentée par l'auteur, in-8, avec atlas de pl. in-fol. 25 fr.

BURAT (Amédée). Description des terrains volcaniques de la France centrale, in-8, avec 10 planches. 7 fr. 50 c.

BURAT (Amédée). Entretiens sur la géologie. 1 vol. in-18, br. 60 c.

Digitized by Google

BURAT (Amédée). **Mémoire sur le gisement de la houille dans le bassin de Saône-et-Loire**, 1 vol. in-8°. 1 fr. 75 c.

CERISE. Entretiens sur la physiologie. 1 vol. in-18, br. 50 c.

CHAMBEYRON. Entretiens sur l'hygiène, in-18, br. 60 c.

CHEVREUL. Considérations générales sur l'analyse organique et sur ses applications. 1 vol. in-8. 5 fr.

CHEVREUL. De la loi du contraste simultané des couleurs, et de l'assortiment des objets colorés, considéré d'après cette loi, dans ses rapports avec la peinture, les tapisseries des Gobelins, les tapisseries de Beauvais pour meubles, les tapis de la Savonnerie, la mosaïque, les vitraux coloriés, l'impression des étoffes, l'imprimerie, l'enluminure, la décoration des édifices, l'habillement et l'horticulture; 1 vol. in-8, avec atlas. 30 fr.

COMTE (Achille). Atlas méthodique des cahiers d'histoire naturelle. **Adopté par le Conseil royal**. 1 vol. in-4. et 5 tableaux synoptiques accompagnés de 150 vignettes gravées sur bois. 2 fr. 50 c.

COMTE (Achille). Organisation et physiologie de l'homme, expliquées à l'aide de figures coloriées, découpées et superposées. Troisième édition. 1 vol. in-4, avec atlas. 15 fr.

D'AUBUISSON DE VOISINS. Traité d'hydraulique, à l'usage des ingénieurs, 2e édit., in-8, avec pl. 9 fr.

D'AUBUISSON DE VOISINS. Traité du mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite, à l'usage des ingénieurs; 2e édition, in-8. 2 fr.

D'AUBUISSON DE VOISINS. Traité de géognosie, ou Exposé des connaissances actuelles sur la constitution physique et minérale du globe terrestre, contenant le développement de ces connaissances; 2e édition, continuée par Amédée Burat, 3 vol. in-8, avec planches. 23 fr.

DEFRANCE. Tableau des corps organisés fossiles, précédé de remarques sur les pétrifications; in-8. 3 fr. 50 c.

DE LA BECHE (Henry T.). Recherches sur la partie théorique de la géologie, traduit de l'anglais par H. de Collegno; 1 vol. in-8, fig. imprimées dans le texte et 2 pl. 5 fr.

DE LA BECHE (Henry T.). L'art d'observer en géologie, traduit de l'anglais par H. de Collegno. 1 vol. in-8., avec des fig. imprimées dans le texte. 5 fr.

DE LA BECHE (Henry T.). Manuel géologique; 2e édition, publiée à Londres en 1832; traduction franç., revue et publiée par A. J. M. Brochant de Villiers. 1 vol. in-8, avec 107 fig. impr. dans le texte. 16 fr.

DE LA BECHE (Henry T.). Coupes et vues pour servir à l'explication des phénomènes géologiques. 40 planches coloriées in-4, avec un texte, traduit par H. de Collegno. 20 fr.

Digitized by Google

DESMOULINS (Charles). Essai sur les sphérulites qui existent dans les collections de MM. Jouannet, membre de l'Acad. roy. des sciences, belles-lettres et arts de Bordeaux, et C. Desmoulins, vice-présid. de la Soc. linnéenne, et Considérations sur la famille à laquelle ces fossiles appartiennent, 1 vol. in-8, avec 10 planches. 7 fr.

FÉE. Entretiens sur les oiseaux. 1 vol. in-18, br. 90 c.

FÉE. Entretiens sur la zoologie, in-18, br. 90 c.

FÉE. Entretiens sur la botanique, in-18, br. 90 c.

GUENYVEAU. Principes généraux de métallurgie. 1 vol. in-8, avec deux planches. 3 fr. 50 c.

HUMBOLDT (Alex. de). Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères; 2e édition. 1 vol. in-8. 5 fr.

LACAUCHIE. Entretiens sur les animaux domestiques. 1 vol. in-18, br. 40 c.

LEMAIRE. Entretiens sur l'astronomie. 1 vol. in-18, br., avec pl. 40 c.

LEREBOULLET. Entretiens sur les mammifères. 1 vol. in-18, br. 90 c.

LYELL. Nouveaux éléments de Géologie, traduits de l'anglais, par madame T. Meulien, avec le concours et sous les auspices de M. Arago; 1 vol. in-12, enrichi de 300 vignettes gravées sur bois par Porret, cart. 10 fr.

MARCEL DE SERRES. Géognosie des terrains tertiaires; in-8. 7 fr. 50 c.

MELLEVILLE. Du diluvium. Recherches sur les dépôts auxquels on doit donner ce nom, et sur la cause qui les a produits. 1 vol. in-8, br. 2 fr. 50 c.

MILLOT. Entretiens sur les plantes utiles. 1re partie 60 c. 2e partie. 60 c.

OMALIUS D'HALLOY (J. J. d'). Éléments de géologie; 3e édit. 1 vol. in-8 avec 1 carte et 2 pl. 9 fr.

OMALIUS D'HALLOY (J. J. d'). Introduction à la géologie, ou première partie des éléments d'histoire naturelle inorganique, contenant des notions d'astronomie, de météorologie et de minéralogie, avec un atlas de 3 tableaux et 17 pl.; in-8. 14 fr.

OMALIUS D'HALLOY (J. J. d'). Des Roches considérées minéralogiquement; nouvelle édition. 1 vol. in-8, br. 3 fr. 50 c.

OMALIUS D'HALLOY (J. J. d'). Division de la terre en régions géographiques, d'après les Éléments de géologie, atlas de 6 cartes col. 1 vol. in-8, cart. 2 fr. 50 c.

ORDINAIRE (C. N.). Histoire naturelle des volcans, comprenant les volcans sous-marins, ceux de boue, et autres phénomènes analogues; in-8. 6 fr

PENOT. Entretiens sur la chimie, in-18, broc. 60 c.

PENOT. Entretiens sur la mécanique, lithog. avec fig., in-18, br. 60 c

Digitized by Google

PRÉVOST (Constant). Coupe des terrains tertiaires du bassin de Paris; in-plano. 2 fr.

QUÉNOT. Entretiens sur les arts physico-chimiques. 1 vol. in-18. 60 c.

QUÉNOT. Entretiens sur les animaux venimeux et les végétaux nuisibles. 1 vol. in-18, broché. 90 c.

RENDU. Entretiens sur l'agriculture. 1 vol. in-18, br. 60 c.

SAINT-GERMAIN. Entretiens sur les inventions utiles. 1 vol. in-18. 60 c.

SAINT-GERMAIN. Entretiens sur la navigation. 1 vol. in-18. 60 c.

YSABEAU. Entretiens sur la minéralurgie. 1 vol. in-18, br. 60 c.

POMOLOGIE FRANÇAISE,

RECUEIL DES

PLUS BEAUX FRUITS CULTIVÉS EN FRANCE,

OUVRAGE ORNÉ DE MAGNIFIQUES GRAVURES,

AVEC UN TEXTE DESCRIPTIF ET USUEL

RÉDIGÉ PAR

A. POITEAU,

Botaniste du roi, Membre des Sociétés royales d'Agriculture de la Seine, etc., Ancien Jardinier en chef du Château royal de Fontainebleau et des Pépinières royales de Versailles, Directeur des habitations de Sa Majesté à la Guyane Française, Rédacteur en chef du *Bon Jardinier*.

Prix de chaque livraison, planche noire. . . . . » fr. 75 c.
Planche imprimée en couleur et retouchée au pinceau. . 1 fr. 50 c.

La POMOLOGIE FRANÇAISE offre pour chaque espèce ou variété de fruits une figure exacte, dessinée avec goût et coloriée avec le plus grand soin. Cette figure est accompagnée d'une description rédigée par M. POITEAU, et qui a surtout pour objet de faire connaître l'histoire de chaque fruit, son mérite particulier, sa culture, l'époque de sa maturité, son emploi, en un mot tous les détails qu'il est véritablement utile de connaître.

La POMOLOGIE FRANÇAISE, exécutée d'après de magnifiques dessins, n'est pas seulement utile aux horticulteurs; elle offre aussi une grande ressource aux artistes, aux dessinateurs, aux peintres en tous genres, qui trouveront dans cet ouvrage les meilleurs modèles qu'ils puissent désirer, pour la représentation la plus parfaite et la plus élégante des arbres et des fruits qui sont l'ornement de nos jardins.

La POMOLOGIE FRANÇAISE, imprimée sur quart de colombier vélin, se publie par livraisons hebdomadaires.

Chaque livraison contient une planche magnifiquement gravée avec sa description.

Il paraît régulièrement une livraison tous les lundis.

Trois cents livraisons sont en vente.

Digitized by Google

Piété. — Voyages. — Littérature. — Histoire.

LE

PLUTARQUE FRANÇAIS,

VIES

DES HOMMES ET DES FEMMES ILLUSTRES

DE LA FRANCE,

FONDÉ PAR ED. MENNECHET,

édition revue, corrigée et considérablement augmentée,

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE M. T. HADOT.

DEUX CENTS BIOGRAPHIES

PAR

MM. le marquis d'Audiffret, Audibert, le comte Beugnot, Bazin, Briffaut, le marquis de Chambray, A. de Musset, Ph. Chales, Cruveilhier, Campenon, Ach. Comte, Alex. Dumas, de Feletz, Gerusez, Guiraud, Guizot, J. Janin, Langlois, Laurentie, le comte Molé, Mérimée, Ed. Mennechet, A. Nettement, le comte de Peyronnet, le marquis de Pastoret, Patin, Paulin-Paris, le baron Richerand, Raoul-Rochette, Viennet, le baron Walckenaer, etc.

Mesdames de Bawr, Louise Colet, Sophie Gay, etc.

Deux cents Portraits en pied

Gravés sur acier, d'après les dessins de

MM. Gros, Ingres, Horace Vernet, Ary Scheffer, Henriquel Dupont, Tony Johannot, Isabey, Louis Boulanger, Meissonnier, Alex. Hesse, Robert Fleury, Amaury Duval, Mauzaisse, C. Jacquand, J. Boilly; madame de Mirbel, etc.

L'ouvrage se compose de 180 livraisons.

Il paraît une livraison toutes les semaines.

Prix de chaque livraison, avec portraits en noir sur papier de Chine. 50 c.
— coloriés. 80 c.

Digitized by Google

ÉTUDES SYNOPTIQUES

SUR

LA CHRONOLOGIE, LA GÉOGRAPHIE, L'ARCHÉOLOGIE ET LA PALÉOGRAPHIE

DE

L'HISTOIRE DE FRANCE,

PAR M. G. JUBÉ DE LA PEYRETTE,

Chef de bureau des travaux historiques au Ministère de l'Instruction publique.

10 tableaux grand in-folio,

ORNÉS DE CARTES COLORIÉES, VUES, COSTUMES, MONNAIES, etc.

D'APRÈS LES MATÉRIAUX LES PLUS AUTHENTIQUES PUISÉS DANS LES BIBLIOTHÈQUES ROYALES.

Le 1er tableau comprend la 1re race dite des Mérovingiens.
Le 2e — — la 2e race ou les Carlovingiens.
Les 3e et 4e contiennent la ligne directe des Capétiens.
Les 5e, 6e et 7e — la ligne indirecte dite des Valois.
Les 8e, 9e et 10e — la 2e ligne indirecte dite des Bourbons, jusqu'à la convocation des États généraux en 1789.

Prix de chaque tableau : 2 fr. 50 c.; l'ouvrage complet : 25 fr.

DICTIONNAIRE DE CONVERSATION,

A L'USAGE DES DAMES ET DES JEUNES PERSONNES,

OU

COMPLÉMENT NÉCESSAIRE DE TOUTE BONNE ÉDUCATION,

OUVRAGE ADOPTÉ

PAR

M. le grand chancelier de la Légion d'honneur, pour les maisons royales d'éducation.

10 vol. pet in-8 angl., illustrés de 1200 fig. et ornés de 25 cartes géographiques color.

PRIX : 35 FR.

Digitized by Google

LES GRACES CHRÉTIENNES,

Sous la direction de madame FANNY RICHOMME.

10 *volumes grand in-18.*

Chaque volume se vend séparément,

ET EST ORNÉ DE DEUX VIGNETTES ET D'UN TITRE GRAVÉS SUR ACIER.

Broché.	» fr. 90 c.	Cartonné gaufré avec plaque et filet.	1 fr. 60
Cartonné à l'anglaise.	1 20	Cartonné, or et argent.	1 60
Cartonné gaufré.	1 80	Relié.	1 60 c.

Gravures coloriées, en sus, 30 c.

CLOTILDE ou LE BAPTÊME, par madame Anna DES ESSARTS.
L'APOTRE DES INDES ou LA CONFIRMATION, par madame de SAINTE-MARGUERITE.
LA CLÉMENCE DE ROBERT ou L'EUCHARISTIE, par madame Emma FERRAND.
AUGUSTIN ou LA PÉNITENCE, par madame A. DUPIN.
UNE CROISADE ou L'EXTRÊME-ONCTION, par madame Victorine COLLIN.
ROME CHRÉTIENNE ou L'ORDRE, par madame Victorine COLLIN.
ÉLISABETH ou LE MARIAGE, par madame Fanny RICHOMME.
LES TROIS PÈLERINS ou LA FOI, par madame ULLIAC TRÉMADEURE.
MARGUERITE ou L'ESPÉRANCE, par madame Fanny RICHOMME.
LES SAUVAGES ou LA CHARITÉ, par madame de SAINTE-MARGUERITE.

ÉTUDES HISTORIQUES A L'USAGE DE LA JEUNESSE,

2 vol. grand in-18, ornés de vignettes et d'un titre gravés sur acier.

Chaque volume se vend séparément.

Pour le prix de chaque volume, voir *les Grâces chrétiennes.*

CONTES POUR LES ENFANTS.

2 vol. grand in-18, ornés de vignettes et d'un titre gravés sur acier.

Chaque volume se vend séparément.

Pour le prix de chaque volume, voir *les Grâces chrétiennes.*

LE TOUR DE FRANCE ou ANTOINE ET JOSEPH

1 vol. gr. in-18, orné de vignettes et d'un titre gravés sur acier.

Pour le prix, voir *les Grâces chrétiennes.*

Digitized by Google

RÉCOMPENSES

AUX

ENFANTS SAGES ET STUDIEUX.

Collection de 72 volumes in-18.

Chaque volume de 36 pages d'impression, orné de figures et de vignettes, avec couverture imprimée, 15 c.

Le Tour du Monde

OU

LES MILLE ET UNE MERVEILLES DES VOYAGES,

PAR LÉON GUÉRIN.

10 vol. grand in-18, ornés de plus de 300 vignettes gravées par Porret.

Chaque volume se vend séparément.

Broché	» fr. 75 c.	Cartonné gaufré avec plaque et filet	1 fr. 50 c.
Cartonné à l'anglaise	1 » »	Cartonné or et argent	1 50
Cartonné gaufré	1 25	Relié	1 50

TITRES DES VOLUMES.

LE JEUNE ÉGYPTIEN, voyage en France, en Allemagne et dans le Nord de l'Europe.

UN VOYAGE POUR RÉCOMPENSE, en Espagne, en Suisse, en Italie, en Grèce et en Turquie.

LE JEUNE EDMOND, voyage au delà du Gange et dans l'empire Chinois.

LE VIEUX DE LA VALLÉE, voyage dans la Turquie d'Asie, dans la Perse et dans l'Indoustan.

UN PÈRE ET SES DEUX ENFANTS, voyage sur les côtes occidentales et orientales de l'Afrique.

HENRI, LE FIFRE, voyage en Algérie et autour du grand Désert.

L'ASPIRANT DE MARINE, voyage dans l'Amérique septentrionale.

LES TROIS FILS DU CAPITAINE, voyage dans l'Amérique du Sud et aux Antilles.

LA FAMILLE DU DÉPORTÉ, voyage en Australie, au Japon et dans l'archipel Indien.

WILLIAM JARVIS, voyage dans plusieurs îles de l'océan Atlantique, de la mer du Sud et des mers polaires.

Digitized by Google

NOUVEAU SPECTACLE DE LA NATURE

OU

DIEU ET SES ŒUVRES,

PAR MM. VICTOR ET AMBROISE RENDU FILS.

Dix volumes grand in-18, ornés de 300 vignettes gravées par Porret.

L'Homme.	Mammifères.	Botanique.
Physique du Globe.	Insectes.	Mollusques.
Astronomie.	Oiseaux.	Reptiles et Poissons.
Géologie.		

Chaque volume se vend séparément.

Pour le prix de chaque volume, voir *le Tour du monde.*

LE CHRISTIANISME ET L'ESCLAVAGE,

PAR L'ABBÉ THÉROU;

SUIVI D'UN TRAITÉ HISTORIQUE DE MOEHLER SUR LE MÊME SUJET,

Traduit par l'abbé SIMON DE LATREICHE.

Un vol. in-8, br., 5 fr.

HUGUES CAPET ET LA TROISIÈME RACE jusqu'à Philippe-Auguste. Première période. 10e et 11e siècles, par Capefigue, 4 vol. in-8. 30 fr.

L'EUROPE SOUS LE CONSULAT ET L'EMPIRE DE NAPOLÉON, 10 vol. in-8, enrichis de notes et pièces justificatives, par le même, 10 vol. 75 fr.

LES CENT JOURS, par le même, 2 vol. in-8. 15 fr.

CHARLEMAGNE, par le même, 2 vol. in-8. 15 fr.

LOUIS XV et la Société du XVIIIe siècle, par le même, 4 vol. in-8. 30 fr.

BEAUTÉS MORALES DE SHAKSPEARE, traduction en vers français avec le texte en regard, par Ed. Roger, 1 vol. in-18, broché. 3 fr. 50 c.

ŒUVRES COMPLÈTES D'HÉSIODE, traduction en vers français avec le texte en regard, par Alph. Fresse-Montval, 1 vol. in-12, broché 6 fr. 50 c.

VIE DES PLUS GRANDS HOMMES de l'antiquité, par Boucharlat, 4 vol. grand in-18, broché. 8 fr.

Digitized by Google

Contes pour les enfants.

COLLECTION

DE

M. LE CHANOINE SCHMID,

ORNÉE DE GRAVURES ET VIGNETTES.

PRIX DE CHAQUE VOLUME IN-18 :

Broché.	40 c.	Cart. or et argent.	» 90 c.
Cartonnage ordinaire. . . .	50	Relié.	1 10
Gaufré.	75	Demi-reliure.	» 90 c.
Gaufré avec pl. et fil. . . .	1 fr. »		

Avec gravures coloriées, en sus. . . . . 25 c.

Cette Collection se compose des ouvrages suivants :

Première série approuvée par MONSEIGNEUR L'ARCHEVÊQUE de Paris et par le Conseil royal de l'Instruction publique.

Agnès, ou la petite joueuse de luth.
La Colombe, le Serin et le Ver luisant.
Contes à l'adolescence, 2 vol.
La Corbeille de fleurs.
La Croix de bois, l'Enfant perdu et la Chapelle de la forêt.
Fernando.
Le bon Fridolin, 2 vol.
Geneviève de Brabant.
Guirlande de houblon.
Henri d'Eichenfels.
Ludovico.
Nouveaux petits Contes.
Les Œufs de Pâques.
Petits Contes.
Le petit Mouton et la Mouche.
Rose de Tannebourg, 2 vol.
Sept nouveaux Contes.
Théophile.
Petit Théâtre.
La Veille de Noël.
Jean et Marie, ou les fruits d'une bonne éducation.
Eustache, histoire des premiers temps du christianisme.
Les deux Frères.
Charles Seymour.
La ferme des Tilleuls.
Hyrlanda, comtesse de Bretagne
La famille Oswald.

—

Histoires de l'ancien Testament.
Histoires du nouveau Testament.
Ces deux volumes sont revêtus de l'approbation de l'Évêché de Strasbourg.

Suite aux Contes du Chanoine Schmid.

Deuxième série.

La Chaumière irlandaise.
Pierre, ou les suites de l'ignorance.
Minona.
L'Ami des petits enfants.
Théâtre de la Jeunesse.
Iduna.
Paraboles.
Marguerite.
Petit Jack.
Le Cœur d'une mère.
Nouvelles Paraboles.
Telheim.
Théona.
La Famille africaine.
Étrennes.
Nouvelles Étrennes.
La Barque du pêcheur.
Historiettes pour les enfants.
Le petit Fauconnier.
Le bon Fils.
Maria.
Quinze jours de vacances.
Lucien.
Souvenirs d'enfance.
Edwige.
Alphonse et Nelly.
Itha, comtesse de Toggembourg.
Louise et Victorine.

Digitized by Google

Bibliothèque d'instruction populaire.

MAITRE PIERRE,

OU

LE SAVANT DE VILLAGE,

Collection de volumes in-18, dont 44 sont en vente.

1. **Entretiens sur la physique**, par C. P. Brard, 60 c.
2. —sur l'astronomie, par Lemaire, avec pl., 40 c.
3. —sur l'industrie, par Brard, 60 c.
4. —sur la mécanique, par A. Penot, lithogr. avec figures, 60 c.
5. —sur l'histoire, par M. L. A., 40 c.
6. **Histoire populaire des Français**, par A. L. Buchon, 60 c.
7. **Entretiens sur la chimie**, par A. Penot, 60 c.
8. —sur le calendrier, par J. Bouckel et A. L. Buchon, avec pl., 90 c.
9. —sur l'éducation, par Mæder, 40 c.
10. —sur la langue française, p. L. M. C. 40 c.
11. —sur la géographie, par Saint-Germain; avec cartes, 1 fr.
12. —sur la géographie de la France, par le même, avec cartes, 1 fr.
13. —sur la musique, p. Le Druy, 50 c.
14. —sur les préjugés populaires, par Mæder, 60 c.
15. —avec ses petits amis, par X. Marmier, 40 c.
16. —sur l'art de bâtir à la campagne, par Brard, 40 c.
17. —sur Franklin, p. St-Germain, 60 c.
18. —sur la physiologie, par le docteur Cerise, 50 c.
19. —sur la botanique, par Fée, fig. 90 c.
20. —sur l'hygiène, par le doct. Chambeyron, 50 c.
21. —sur la géométrie, par le prof. Sarrus, lithog., avec figures, 80 c.
22. —sur les animaux domestiques, par le docteur Lacauchie, 40 c.
23. —sur l'agriculture, p. V. Rendu, 60 c.
24. **Entretiens sur les inventions utiles**, par St-Germain, 60 c.
25. —sur la navigation, par L. M. C., avec figures, 60 c.
26. **Éléments de géologie**, par M., 60 c.
27. **Entretiens sur les voyages de découvertes**, par Saint-Germain, avec cartes, 1 fr.
28. —sur l'histoire de la révolution française, par le même, 1 fr.
29. —sur la morale, par Delcasso, 50 c.
30. —sur la zoologie, p. le prof. Fée, 90 c.
31. —sur les animaux venimeux et les végétaux nuisibles, par le docteur Quénot, 90 c.
32. —sur l'histoire ancienne, par Saint-Germain, avec cartes, 1 fr.
33. —sur les mammifères, p. le doct. Leboullet, avec figures, 90 c.
34. —sur la minéralurgie, p. Ysabeau, 60 c.
35. —sur les principaux personnages célèbres de la France jusqu'en 1789, par L. M. C., 60 c.
36. —sur les oiseaux, p. le prof. Fée, 90 c.
37. —sur l'histoire du moyen âge, par Saint-Germain, 1 fr. 25 c.
38. —sur le système métrique, par Bonnaire, 50 c.
39. —sur les plantes utiles, par Millot, 1re partie, 60 c.
2e partie, 60 c.
40. —sur l'histoire moderne, par Saint-Germain, 1 fr. 25 c.
41. —sur l'organisation du corps humain, par le doct. Broc, 60 c.
42. —sur la vie de Napoléon, p. E. Marco de St-Hilaire, 1re époque, 60 c.
43. —IIe époque, 60 c.
44. —Sur les arts physico-chimiques, 60 c.

En sus pour le cartonnage, par vol. 15 c.

Digitized by Google

LE DIAMANT DU CHRÉTIEN,

Approuvé par Monseigneur l'Archevêque de Paris.

Joli vol. in-32 orné de vignettes et d'un titre gravés sur acier.

Broché. . . . . 4 fr. | Relié, doré sur tranche. 6 fr. 50 c.

KEEPSAKE DE L'ART EN PROVINCE.

TRÈS-BEAU ET RICHE VOLUME

Imprimé avec luxe dans des entourages en couleur, lettres ornées en or et en couleur, gravures anglaises.

Broché. 12 fr.

Cart. à l'anglaise et doré sur tranche. 15 fr.

MISSEL DES DAMES.

LIVRE DE PRIÈRES

AVEC ENTOURAGES DE COULEUR ET GRAVURES SUR ACIER.

Broché. . . . . 5 fr. | Reliure riche. . . . . 10 fr.

NOUVEAU MOIS DE MARIE.

MÉDITATIONS PIEUSES.

Un très-riche volume in-18,

IMPRIMÉ AVEC ENTOURAGES DE COULEUR, GRAVURES SUR BOIS ET SUR ACIER.

APPROUVÉ

Par NN. SS. les Archevêques et Évêques de Lyon, Bordeaux, Moulins, etc.

Broché. . . . . 5 fr. | Reliure riche. . . . . 10 fr.

IMITATION DE JÉSUS-CHRIST,

APPROUVÉE PAR MONSEIGNEUR L'ÉVÊQUE DE MOULINS,

Un très-beau volume grand in-18,

ILLUSTRÉ DE VINGT ENTOURAGES DIFFÉRENTS, SIX TÊTES DE PAGES, TITRES EN COULEUR, GRAVURES SUR ACIER, etc. etc.

Broché. . . . . 6 fr. | Riche reliure. . . . . 12 fr

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
RUE RACINE, 28, PRÈS DE L'ODÉON.

Digitized by Google

COURS ÉLÉMENTAIRE

D'HISTOIRE NATURELLE.

LIBRERIA ESTRANGERA
Se reciben comisiones
para dentro y fuera del
Reyno.
DEA. PGUDART Y COMP.ª

Digitized by Google

LE COURS ÉLÉMENTAIRE

D'HISTOIRE NATURELLE

se compose de

LA ZOOLOGIE,

PAR M. MILNE-EDWARDS.

1 volume in-12; figures. — Prix : 6 francs.

LA MINÉRALOGIE ET LA GÉOLOGIE,

PAR M. F.-S. BEUDANT.

1 volume in-12; figures. — Prix : 6 francs.

LA BOTANIQUE,

PAR M. A. DE JUSSIEU.

1 volume in-12; figures. — Prix : 6 francs.

Paris. — Imprimerie de Bethune et Plon.

Digitized by Google

DE
502
BEU

COURS ÉLÉMENTAIRE

D'HISTOIRE NATURELLE

A l'usage des Colléges et des Maisons d'Éducation,

RÉDIGÉ

conformément au Programme de l'Université du 14 *septembre* 1840;

PAR

MM. F.-S. BEUDANT, MILNE-EDWARDS, et A. DE JUSSIEU.

Adopté par le Conseil royal d'Instruction publique pour l'enseignement dans les Colléges.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

PAR M. F.-S. BEUDANT,

de l'Académie royale des Sciences, Inspecteur général des Études, etc.

Minéralogie.

PARIS.

LANGLOIS ET LECLERCQ, Rue de La Harpe, 81.

FORTIN, MASSON ET Cie, Place de l'École-de-Médecine, 1.

Digitized by Google

Digitized by Google

PROGRAMME

POUR

L'ENSEIGNEMENT DE L'HISTOIRE NATURELLE

DANS LES COLLÉGES,

ADOPTÉ PAR LE CONSEIL ROYAL DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

(4 septembre 1840).

TROISIÈME PARTIE (1).

RÈGNE MINÉRAL.

1° MINÉRALOGIE.

XXV. Notions générales sur les corps bruts ou inorganiques. — Considérations sur la manière de les étudier.

Caractères physiques des minéraux. Forme et structure essentielles et accidentelles ; — changements dont elles sont susceptibles ; causes de ces changements.

XXVI. Propriétés optiques. — Réfraction simple et double ; — rapport avec la forme ; — éclat et couleurs, etc. ; — élasticité, dureté, ténacité, poids spécifique et caractères divers.

XXVII. *Caractères chimiques des minéraux.* Composition des minéraux ; — ses lois ; manière de les exprimer ; — caractères que l'on en tire.

Classification des minéraux. Application des notions précédentes à la classification des minéraux ; — espèces, genres, familles, etc.

XXVIII. Notions sur les principales matières minérales et sur leur manière d'être dans la nature.

(1) La première et la seconde partie de ce programme se trouvent en tête des volumes consacrés à la zoologie et à la botanique.

Digitized by Google

2° GÉOLOGIE.

XXIX. Notions sur la forme générale de la terre et sur la composition de son écorce solide.

Phénomènes géologiques de l'époque actuelle, — Tremblements de terre, — soulèvements, — volcans, — alluvions, — formations madréporiques, etc.

XXX. *Applications de ces notions à l'étude du mode de formation de la croûte solide du globe;* — terrains de sédiment et terrains de cristallisation, — leurs caractères. — Superposition des couches. — Notions sur les fossiles. — Ages relatifs des divers dépôts de sédiment indiqués par la nature des fossiles, les rapports de superposition, les différences d'inclinaison, etc.

XXXI. Notions sur les principaux dépôts de sédiment; — notions sur les terrains de cristallisation; — principales roches de cristallisation, leur mode de formation et leur apparition à divesres époques; — influence de ces roches sur les dépôts de sédiment.

XXXII. Notions sur les grands dépôts de combustibles, de matières salines et de minerais; — gisement des pierres précieuses. — Sources et puits artésiens.

XXXIII. Résumé sur les révolutions du globe, et coup d'œil sur les animaux et les végétaux qui en peuplaient la surface aux diverses époques géologiques.

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

PAR ORDRE DE LEÇONS.

PREMIERE LEÇON

Différence entre les corps organisés et les corps bruts. Définition des minéraux. Objet de la minéralogie et de la géologie. Distinction des formes régulières et des formes accidentelles. Pag. 1 à 7.

Étude des cristaux. — Mesure des angles, goniomètres. Faits généraux de cristallographie. 8-12.

Passages de certains cristaux les uns aux autres, par modifications de leurs diverses parties : 1° Modifications sur toutes les parties du même nom ; 2° modifications sur quelques-unes de ces parties ; 3° transformations particulières des solides obliques. 13-20.

Division de tous les cristaux en six groupes, ou systèmes de cristallisation. Caractères physiques et géométriques de chacun d'eux. Réduction de tous les cristaux à six formes. 21-33.

Loi de symétrie et ses exceptions apparentes. Dimorphisme et isomorphisme 34-39.

Causes des variations des formes cristallines et des changements de système. 40-41.

Groupement régulier des cristaux. Transposition et hémitropie. 42-45.

Déformation et oblitération des cristaux. 46-48.

Configurations accidentelles. — Trémies, dendrites, stalactites, prisolites, rognons, incrustation, pétrification, moulage, retrait. 49-56.

Structure des corps bruts. — Structure régulière, Clivage, Accroissement. Structure irrégulière ou accidentelle. Cassure. 57-65.

DEUXIÈME LEÇON.

Propriétés optiques des minéraux. — Réfraction simple et double. Moyens d'observation et de détermination. Moyens de constater s'il y a un axe ou deux axes ; si l'axe est attractif ou répulsif ; quel est l'écart des axes, et le diamètre des anneaux. 66-74.

Digitized by Google

Angles de polarisation ; polychroïsme, éclat, astéries, cercles parhéliques, couronnes. 75-78.

Couleurs propres et accidentelles, couleurs superficielles, iris, phosphorescence. 79-82.

Propriétés physiques diverses. — Élasticité, dureté, poids spécifique. Électricité et magnétisme. Action sur le toucher. Odeur et saveur. Déliquescence et efflorescence. 83-91.

TROISIÈME LEÇON.

Composition chimique des minéraux. — Corps simples naturels. Corps électro-positifs et électro-négatifs. Moyens d'essais, petits instruments et manière d'opérer. 92-96.

Expériences pour la découverte des principes électro-négatifs. 97-99.

Recherche des bases. 100-103.

Nécessité de l'analyse, moyens, exemples. 104-107.

Comparaison et énonciation des analyses. Lois de combinaisons. Énonciation atomique. Transformation des analyses en formules. Signes employés. Lois des corps oxygénés. Signes minéralogiques et signes chimiques. Passage d'un signe à l'autre. 108-115.

Discussion des analyses, nécessité, bases, exemples. 116-119.

QUATRIÈME ET CINQUIÈME LEÇONS.

Classification des minéraux. — Définition, méthodes naturelle et artificielle ; comparaison des corps bruts. Individu minéralogique, espèces, genres, tribus, familles. Difficultés de l'état actuel. Variétés de l'espèce, métis. 121-127.

Tableau des espèces minérales. 128-147.

Caractères des groupes principaux et des principales espèces. 148 et suivantes.

OBSERVATIONS.

Il n'est pas facile de présenter tant de matières en quatre ou cinq leçons ; et le professeur le plus habile a besoin de s'y préparer pour ne rien oublier d'essentiel, et pour se borner cependant aux généralités strictement nécessaires. Voici quelques moyens que l'expérience nous a fournis pour épargner le temps.

1° Pour la partie cristallographique, le professeur doit avoir des tableaux à mettre en regard où les cristaux soient dessinés en grand et coloriés suivant les modifications. Quelques mots d'explication suffisent alors pour que les yeux saisissent les transformations, les propriétés physiques des systèmes cristallins, les groupements, etc., dont le détail devient si long dans un livre.

Ces tableaux doivent rester sous les yeux des élèves en même temps qu'une collection choisie, bien étiquetée, des cristaux des différents systèmes, et une suite bien faite de formes accidentelles, de structures, que le professeur peut se contenter alors de citer brièvement (1).

(1) Nous indiquerons avec plaisir aux professeurs où et comment ils pourront se procurer ces collections et tous les objets du cours.

Digitized by Google

2° Pour les propriétés optiques, il faut exposer rapidement les faits de réfraction, de polychroïsme, d'astérisme ; puis les montrer, soit immédiatement, soit à la fin de la leçon, ou même dans un autre temps, au moyen de séries de lames polies montées devant un plan de polarisation avec une tourmaline mobile en avant. Chacun peut alors voir facilement et sans tâtonnement.

Diverses collections bien étiquetées doivent être mises sous les yeux des élèves, et même en partie entre leurs mains, à un moment donné, pour les couleurs, les duretés diverses, certains poids spécifiques, le pouvoir refroidissant, etc. Il n'y a pas d'explication qui remplace la vue et le toucher.

Par ces moyens la leçon peut devenir très-courte, et il peut rester du temps pour l'interrogation sur la leçon précédente.

3° Relativement à la composition chimique, les essais, sur une échelle plus grande qu'à l'ordinaire, doivent être préparés d'avance, rangés et étiquetés de manière que, les opérations ayant été faites devant les élèves, les résultats permanents puissent rester sous leurs yeux jusqu'à la leçon suivante. Les résultats passagers doivent seuls être vus ou sentis immédiatement, et les expériences qui les produisent doivent avoir été disposées pour cela.

Les opérations se font ainsi très-promptement, et il reste beaucoup de temps pour l'exposition de la théorie atomique, les formules de composition, la discussion des analyses, dont il faut plutôt donner l'esprit que le calcul ; enfin pour diverses interrogations.

4° et 5° Les leçons sur les espèces minérales doivent se borner aux moyens de classification des corps bruts et à l'explication du tableau, qu'il faut avoir tracé en grand. On doit y montrer la liaison des groupes principaux, dont on rappelle alors les propriétés, et celle des diverses espèces, que l'on compare entre elles sous le rapport des caractères généraux, des gisements et des usages.

Tout le reste ne peut être une affaire de classe, et à cet égard il faut qu'une collection, peu nombreuse mais convenablement choisie, rangée sous des vitres et bien étiquetée, soit mise sous les yeux des élèves tant qu'il est nécessaire.

Généralement on doit veiller à ce que, dans l'intervalle des leçons, les élèves lisent ce qui a rapport à la dernière (en passant tout ce qui est en petits caractères), et qu'ils voient les échantillons qui établissent les faits qu'on leur a exposés.

Digitized by Google

ERRATA.

Page 2, après le cuivre, *ajoutez* le didyme, qui est un 56e corps simple, découvert dans les minerais cérifères.

Page 20, la *fig.* 112 doit être retournée verticalement.

Page 23, *ligne* 40, toutes les autres sont égales; *lisez :* toutes les arêtes sont égales.

Page 24, dans la *fig.* 148, on doit mettre la lettre *d* dans les deux petites faces latérales.

Page 27, *ligne* 7, sur toutes ses arêtes; *lisez :* sur toutes ces arêtes.

Page 56, *ligne* 24, la nature; *lisez :* la matière.

Page 86, *ligne dernière*, variété de corps sur laquelle; *lisez :* variété du corps sur lequel.

Page 116, *ligne* 34, lisez la formule comme il suit :

$$3\,(Al.\ Fe, cr, \text{etc.})\ Su^3 + K\ Su^3 + 24\ Aq,$$

Page 194, la dernière *fig.* doit être retournée.

Page 206, *ligne* 14, de sels; *lisez* : de sel.

Pages 229 et 230, l'expression *lac asphaltite* adoptée par l'Académie ne l'est pas par les naturalistes, qui écrivent *lac asphaltique.*

Page 231, *ligne* 22, scheirétite; *lisez :* scheirérite.

Page 232, *ligne* 18, carbone d'hydrogène; *lisez :* carbure d'hydrogène.

Page 238, *ligne* 10, crépitation; *lisez :* décrépitation.

Page 279, *ligne* 12, lapis lazzuli; *lisez :* lapis lazuli.

Digitized by Google

COURS ÉLÉMENTAIRE

DE MINÉRALOGIE.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

§ 1er. **Corps vivants et corps bruts.** — On nomme *corps* tout ce qui a une existence matérielle, et qui peut en conséquence tomber sous les sens. On connaît des corps qui sont ou qui ont été doués de la vie, et d'autres qui n'en ont jamais joui. Les premiers sont nommés *corps vivants* ou *corps organisés*, parce qu'ils se composent de divers appareils ou organes nécessaires à leur existence. Les seconds sont désignés sous le nom de *corps bruts* ou corps inorganisés.

Corps bruts naturels et artificiels. — Les corps bruts sont de deux sortes : les uns sont *naturels*, c'est-à-dire qu'ils nous sont offerts immédiatement par la nature ; les autres sont *artificiels*, c'est-à-dire qu'ils résultent des actions mutuelles des divers éléments que nous mettons nous-mêmes en jeu pour satisfaire à nos besoins comme à notre curiosité.

Éléments. — On nomme *éléments* les corps bruts naturels que nous ne pouvons parvenir à décomposer par les moyens que nous connaissons ; ils sont *pondérables* ou *impondérables*. Les premiers sont aujourd'hui au nombre de 55, savoir :

Corps gazeux.

1. Azote.
2. Chlore.
3. Fluor.
4. Hydrogène.
5. Oxygène.

Corps liquides.

6. Brôme.
7. Mercure (éclat métallique). *

Corps solides non métalliques.

8. Bore.
9. Carbone. *
10. Iode.
11. Phosphore.
12. Sélénium.
13. Silicium.
14. Soufre. *

Digitized by Google

Corps solides métalliques.

15. Aluminium.
16. Antimoine. *
17. Argent. *
18. Arsenic. *
19. Baryum.
20. Bismuth. *
21. Cadmium.
22. Calcium.
23. Cérium.
24. Chrome.
25. Cobalt.
26. Cuivre. *
27. Étain.
28. Fer. *
29. Glucynium.
30. Iridium.
31. Lithium.
32. Lanthane.
33. Magnésium.
34. Manganèse.
35. Molybdène.
36. Nickel.
37. Or. *
38. Osmium.
39. Palladium.
40. Platine.
41. Plomb.
42. Potassium.
43. Rhodium.
44. Sodium.
45. Strontium.
46. Tantale.
47. Tellure. *
48. Thorinlum.
49. Titane.
50. Tungstène.
51. Uranium.
52. Vanadium.
53. Yttrium.
54. Zinc.
55. Zirconium.

Les éléments impondérables sont des fluides incoercibles, à l'hypothèse desquels on est forcément conduit par les phénomènes de la chaleur, de l'électricité, de la lumière; dont les mouvements exigent nécessairement la présence d'un corps, soit pour la production, soit pour la transmission.

Plusieurs de ces corps indécomposables se trouvent à l'état libre dans la nature : ce sont ceux que nous avons marqués d'un astérisque; tous les autres sont le résultat des recherches qui ont été faites dans les laboratoires sur les composés qui résultent de leurs diverses combinaisons.

§ 2. **Caractères des corps bruts. Origine.** — Les corps bruts se trouvent tout formés dans la nature, sans qu'on connaisse leur origine; ou bien ils se forment immédiatement chaque fois que quelques particules élémentaires, se trouvant en présence, peuvent librement agir l'une sur l'autre et céder à leur affinité mutuelle. Il s'en fait tantôt une espèce, tantôt une autre, suivant les cas fortuits de rencontre ou de manière d'être des éléments, et même à notre volonté, puisque nous pouvons en faire beaucoup d'artificiels.

Forme non essentielle. — Une fois formés, plusieurs de ces corps peuvent se trouver indifféremment à l'état solide, à l'état liquide, à l'état de fluide aériforme, suivant les circonstances dans lesquelles ils sont placés : c'est ainsi que l'eau, par exemple, est solide au-dessous de zéro, liquide au-dessus, et devient gazeuse à 100 degrés; c'est ainsi que le sucre, le sel commun, naturellement solides, peuvent être tenus à l'état liquide par la présence de l'eau, les résines par l'alcool, etc. De là il résulte que la forme

Digitized by Google

n'est pas toujours essentielle dans le corps brut, et que c'est par une nouvelle opération, indépendante à la fois de la formation et de l'existence, qu'elle vient à se manifester.

Accroissement indéfini et extérieur. — Le corps brut solide peut conserver le volume et la forme sous lesquels il s'est manifesté lors de sa formation ou de sa consolidation, mais il peut aussi s'accroître; et cela se fait toujours à l'extérieur, par une nouvelle agrégation de particules qui se groupent autour des premières et peuvent ainsi en augmenter indéfiniment la masse. Cet accroissement peut se faire d'une manière continue; mais il peut aussi être interrompu et repris successivement à des époques indéfinies, qui dépendent uniquement des circonstances extérieures.

Variation de forme. — Dans ces changements accidentels de volume, la forme du corps solide peut se conserver constamment la même, ou bien varier de toutes les manières, sans ordre comme sans époque déterminée. Elle peut être purement accidentelle, comme elle peut tenir à une certaine propriété que possède la matière brute de s'agréger sous des formes géométriques, qui elles-mêmes peuvent varier à l'infini dans la même substance. Le même corps peut avoir d'abord une forme, puis en prendre successivement plusieurs autres, suivant les circonstances.

Pour s'en convaincre, qu'on place, par exemple, un fragment irrégulier d'alun, suspendu par un fil, dans une solution convenablement concentrée du même sel, on le verra s'accroître et prendre une forme régulière qui est généralement octaèdre. Qu'on le suspende alors dans une autre solution du même sel, dans laquelle on aura préalablement délayé de la craie, jusqu'à ce que l'effervescence ait très-sensiblement diminué, on le verra s'accroître encore et passer à la forme cubique. Si on le remet dans la première, il repassera à l'octaèdre en s'accroissant encore, etc. Enfin, qu'on le suspende au-dessous du vase, au bord d'une ouverture presque capillaire, par laquelle le liquide puisse suinter lentement, il s'accroîtra encore par de nouvelles couches; mais alors il s'arrondira, s'allongera, et finira par prendre une forme conique irrégulière, par offrir ce qu'on nomme une *stalactite*.

Si on couvre le corps d'une légère couche de carmin avant chaque immersion, on distinguera facilement ensuite dans la masse les formes diverses qui ont eu lieu, et les accroissements successifs. Or il se présente des circonstances à peu près semblables dans les corps naturels, et par là on reconnaît qu'ils ont aussi éprouvé divers changements successifs.

Existence indéfinie. Destruction — Les corps bruts une fois

Digitized by Google

constitués peuvent exister indéfiniment : on connaît en effet, dans les monuments, des matières qui ont plusieurs milliers d'années, et dont rien n'annonce la destruction prochaine. Ce n'est jamais que par l'action d'une cause extérieure que ces corps peuvent cesser d'exister ; mais il faut distinguer une destruction apparente et une destruction réelle. La *destruction apparente* est souvent une désagrégation, pure et simple, des particules qui avaient été réunies sous une forme ou sous une autre ; la manière d'être est alors changée, le corps est devenu pulvérulent, il a été dissous, il a été mis en fusion, mais il n'a pas cessé d'exister (1). La *destruction réelle* est le résultat d'une séparation, totale ou partielle, des éléments dont le corps est formé. C'est ce qui arrive, par exemple, dans la calcination de la pierre à chaux, qui perd alors l'acide carbonique ; dans l'efflorescence d'une multitude de sels, qui perdent tout ou partie de l'eau qu'ils renfermaient dans leur composition ; dans l'azotate d'ammoniaque, matière solide qui se convertit en eau et en protoxyde d'azote par la chaleur. Les corps naturels nous offrent une multitude de destructions de ces diverses sortes.

§ 3. **Différences dans les corps vivants. Naissance.** — Ces caractères des corps bruts sont tous fort différents de ceux que nous présentent les corps vivants. Ceux-ci naissent toujours d'individus déjà existants et semblables à eux, et les espèces se perpétuent ainsi par génération, sans subir de modifications essentielles ; aucune circonstance ne donne lieu à ce qu'il s'en forme de nouvelles, et nous ne sommes nullement maîtres ici d'en faire d'artificielles.

Formes définies. — Dès que le corps vivant existe, il a nécessairement une forme propre et déterminée, parce que la vie exige les fonctions et les actions mutuelles de diverses parties, qui ont des formes arrêtées, et dont les positions relatives sont rigoureusement ordonnées.

Accroissement limité, et à l'intérieur. — Les corps vivants s'accroissent toujours après leur naissance et toujours de la même manière, le plus souvent jusqu'à un certain terme, qui n'est jamais dépassé. Cet accroissement se fait intérieurement, par suite de la nutrition, ou faculté que possède le corps vivant d'attirer dans sa composition et de s'approprier, par diverses modifications, une partie des substances environnantes, en même temps qu'il expulse une portion de celles dont il est déjà en possession.

Constance de la forme. — La forme se conserve alors constam-

(1) Il y a aussi une destruction apparente qui résulte de ce que le corps entre comme partie constituante dans une combinaison nouvelle ; c'est ainsi que le fer se convertit en rouille en se combinant avec l'oxygène et l'eau de l'atmosphère.

Digitized by Google

ment; ou bien, si elle subit quelquefois certains changements, c'est toujours dans un ordre rigoureusement déterminé, et à des époques fixes, qui ne sont sujettes à aucune variation.

Existence limitée. Mort. — Ce mouvement de composition et de décomposition qui constitue la vie n'a jamais lieu que pendant un temps limité; il s'arrête, sans retour, en un certain moment, et le corps vivant n'est plus. La mort est la suite inévitable de la vie, et il ne reste alors qu'un amas de particules qui, à l'instant même, commencent à agir tout autrement les unes sur les autres et sur les corps environnants : de là résulte une destruction plus ou moins complète de ce qui existait, et la production de quelques matières nouvelles de la classe des corps bruts.

§ 4. **Corps bruts d'origine organique, et minéraux.** — Les corps naturels composés sont de diverses sortes; il en est qui paraissent ne pouvoir se former que quand l'affinité des principes élémentaires est mise en jeu sous l'action lente et prolongée des fonctions vitales, au moyen desquelles un petit nombre d'éléments peuvent se combiner en des proportions très-variées, et former ainsi une multitude de corps. Tels sont les sucres, les gommes, les résines, les matières grasses, certains acides ou certains sels, etc.; en un mot, toutes les matières inertes formées dans les corps vivants et qu'on peut en retirer de diverses manières. D'autres corps, au contraire, se forment constamment, ou se sont formés, souvent en abondance, sans aucune participation des forces vitales : telles sont les substances salines, pierreuses, métalliques, etc., que nous trouvons dans le sein de la terre, ou dont nous pouvons produire un grand nombre à volonté.

Ce sont ces dernières matières qu'on a plus particulièrement nommées *minéraux*, et ce sont elles qui sont l'objet de la *minéralogie*. Toutefois on a pris l'habitude d'y joindre l'étude de diverses substances, d'origine organique, enfouies jadis dans le sein de la terre, où elles ont pu subir diverses modifications. On y ajoute même aujourd'hui les corps liquides et gazeux qui se trouvent à la surface du globe; car si le nom de minéraux paraît peu leur convenir, ce ne sont pas moins des corps bruts qu'on ne peut comprendre parmi ceux qui sont formés à l'aide des fonctions vitales.

Quant aux matières inertes que produisent les corps organisés, leur étude comme corps naturels appartient à la physiologie, qui s'occupe des phénomènes que la vie détermine dans les êtres qui en sont doués. D'ailleurs ces sortes de corps bruts, aussi bien que les corps artificiels, que nous laissons à la technologie, présentent les mêmes propriétés générales que tous les autres, et

Digitized by Google

nous n'avons nullement besoin de les étudier d'une manière spéciale, pour apprendre à connaître ce qu'ils offrent de plus important dans l'objet que nous avons en vue.

§ 5. **Manière d'étudier.** — Il n'y a qu'une seule manière d'étudier les corps; c'est de les examiner individuellement et de tenir note de toutes les propriétés, de tous les caractères qu'ils peuvent présenter. C'est la méthode analytique, la seule que le naturaliste puisse employer pour arriver aux connaissances qu'il doit posséder. Mais, lorsque les recherches spéciales se sont suffisamment étendues, il en résulte un ensemble de faits généraux, que l'on peut présenter synthétiquement, et qui deviennent l'expression de ce qu'il y a de plus important à connaître. C'est alors qu'on peut comparer rigoureusement tous les corps, établir leurs analogies ou leurs différences, et parvenir à les classer de manière qu'un petit nombre d'entre eux puissent donner une idée suffisante de tous les autres. Nous sommes arrivés à ce point pour les corps bruts aussi bien que pour les corps vivants, et nous pouvons en traiter d'une manière générale, qui devient indispensable à toute bonne éducation.

Les faits d'organisation et les fonctions de chaque organe, comparés dans tous les êtres, constituent ce qu'il y a de plus général et de plus important dans l'étude des corps vivants, et les propriétés physiques et chimiques offrent alors peu de valeur. C'est le contraire pour les corps bruts : il n'y a ni organisation ni fonctions; mais les propriétés physiques et chimiques prennent une grande importance, par l'étonnante variété de faits qu'elles présentent. D'un côté, les formes, les structures, l'élasticité, les propriétés optiques, la composition chimique nous offrent une multitude de faits à recueillir; de l'autre, les relations de ces diverses propriétés, et des circonstances qui les font naître ou les modifient, n'ont pas moins d'importance que les phénomènes physiologiques dans les corps vivants : ce sont là autant d'objets à traiter dans la minéralogie proprement dite.

Mais si, dans l'étude des corps vivants, les habitudes, les relations avec le sol, la distribution géographique, les usages, sont autant de connaissances du plus haut intérêt; de même les associations naturelles des minéraux, leur manière d'être dans le sein de la terre, l'étendue et les limites des dépôts qu'ils peuvent former, les relations de ces dépôts entre eux, les phénomènes dont ils sont ou ont été le théâtre, etc., sont autant d'objets dignes de notre attention, et souvent d'une haute utilité dans nos usages. Les faits qu'on connaît sous ces différents rapports sont tellement nombreux qu'ils constituent une branche de science particulière, qu'on désigne sous le nom de *géologie,* et dont nous ferons ici un livre à part.

Digitized by Google

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES MINÉRAUX.

§ 6. Les propriétés physiques des minéraux comprennent les formes et les structures, l'état élastique, l'action sur la lumière, le poids spécifique, les propriétés électriques et magnétiques, la dureté, la ténacité, la flexibilité, la ductilité, l'action sur le toucher, la faculté conductrice de la chaleur, l'odeur, la saveur, la faculté d'absorber ou d'émettre l'humidité, qui offre le happement à la langue, la déliquescence et l'efflorescence.

FORMES DES MINÉRAUX.

§ 7. Les formes sous lesquelles les corps bruts se présentent à nous sont de deux sortes : les unes nous offrent des polyèdres terminés régulièrement par des facettes planes, unies, quelquefois aussi brillantes que si on les eût fait tailler par un lapidaire ; les autres nous offrent des configurations de toute espèce, fréquemment arrondies, quelquefois irrégulièrement angulaires, ou se rapportant à des formes organiques, etc.

Les formes polyédriques, qu'on désigne sous le nom de *cristaux*, paraissent tenir à certaines propriétés inhérentes à la plupart des corps, et en vertu desquelles leurs molécules tendent à se réunir sous formes géométriques, lorsqu'elles peuvent céder librement à l'attraction de cohésion, au moment où elles s'agglomèrent en masses solides. Ces formes se produisent sous nos yeux dans beaucoup de circonstances et de diverses manières . par solution, par fusion, par sublimation, ce qui paraît avoir également lieu dans la nature.

Dans nos ateliers, on se procure un grand nombre de sels en cristaux, en faisant dissoudre le corps dans l'eau, concentrant convenablement la solution, et l'abandonnant à elle-même. C'est ce qu'on peut éprouver, par exemple, en faisant dissoudre dans l'eau bouillante autant d'alun que le liquide en peut prendre, et tirant la solution à clair dans un vase où l'on a suspendu quelques fils : il ne tarde pas à se précipiter des cristaux, d'autant plus gros que la masse liquide est plus volumineuse.

Les matières fondues qu'on laisse refroidir lentement se cristallisent aussi dans l'intérieur de la masse ; ce qu'on distingue sur-

Digitized by Google

tout en brisant la croûte consolidée à la surface, et renversant ce qui reste encore de matière liquide. On peut en faire l'expérience avec le bismuth, l'antimoine, le soufre, etc., qui sont de facile fusion ; les cristaux qu'on obtient sont d'autant plus nets que le volume de la masse fondue est plus considérable.

Plusieurs matières volatiles, comme l'arsenic, l'acide arsénieux, etc., chauffées en vase clos, se volatilisent et se déposent en cristaux à la partie supérieure de l'appareil.

Les configurations irrégulières se manifestent dans une multitude de circonstances où le jeu des attractions naturelles se trouve plus ou moins dérangé, et même entièrement interrompu, par des causes extérieures ; les formes qui se produisent alors sont purement accidentelles, et par suite beaucoup moins importantes à considérer que les précédentes : nous leur consacrerons cependant aussi quelques détails.

ÉTUDE DES CRISTAUX.

§ 8. **Comment il faut étudier.** — Il ne suffit pas de savoir en général que les corps bruts peuvent cristalliser ; il faut encore connaître la nature des polyèdres qu'ils présentent, établir les relations qui peuvent exister entre les uns et les oppositions que peuvent offrir les autres.

La première chose à faire est de s'assurer que ces polyèdres ont des caractères géométriques, c'est-à-dire que leurs plans ne sont pas disposés au hasard comme ceux que pourraient produire des fractures en différents sens, le retrait des matières qui se dessèchent, etc. Cela reconnu, il faut chercher, par une étude suffisante des détails, à établir ces caractères avec assez de précision pour qu'ils puissent servir à distinguer nettement les diverses sortes de cristaux, et à découvrir des analogies ou des différences là où l'œil abandonné à lui-même pourrait fréquemment se tromper.

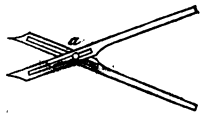
§ 9. **Mesure des angles.** — Pour reconnaître la nature géométrique des cristaux, il suffit de les soumettre à des mesures rigoureuses, en se procurant des instruments convenables, qu'on nomme *goniomètres*.

Le plus simple de ces instruments consiste en deux lames, fig. 1, réunies et mobiles en *a*, qui peuvent s'ouvrir plus ou moins, et s'allonger ou se raccourcir en glissant dans des rainures. On applique ces lames le mieux possible sur les deux faces dont on veut mesurer l'angle dièdre ; puis on les place sur un rapporteur, fig. 2,

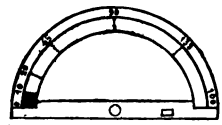
Digitized by Google

dans des points de repère qui y sont marqués, pour en lire la valeur sur le limbe.

1.



2.

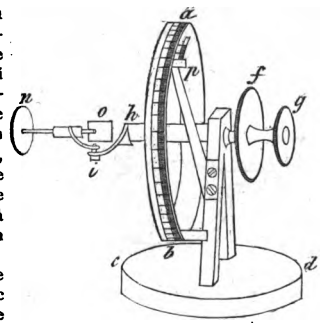


Cette manière de mesurer les angles est très-défectueuse et ne peut servir que pour des à-peu-près, dont, à la vérité, on peut dans beaucoup de cas se contenter. Pour plus d'exactitude, on a imaginé de choisir les cristaux dont les faces sont brillantes, et de s'en servir pour faire réfléchir les images de certaines lignes de mire placées à distance; on peut alors amener ces images à coïncider avec des lignes fixes, et cela permet d'établir nettement des points de départ sur une face, des points d'arrivée sur une autre, en faisant tourner le cristal. L'appareil étant disposé sur un cercle, on obtient l'angle décrit par le mouvement du cristal, et conséquemment l'inclinaison de ses faces.

Il y a pour ces mesures deux instruments principaux, le goniomètre de Wollaston, et celui de M. Babinet, qui peut servir en outre à plusieurs observations importantes en minéralogie.

Goniomètre de Wollaston. — Cet instrument, fig. 3, se compose d'un cercle en cuivre gradué, *ab*, placé verticalement sur un support *cd*, et pouvant tourner autour d'un axe horizontal au moyen du bouton *f*. Cet axe est traversé intérieurement par un autre qu'on peut faire mouvoir seul par le bouton *g*, et qui porte à son extrémité diverses pièces mobiles. Ces pièces se composent d'une lame courbe qui peut se mouvoir de haut en bas en *h*, et dont la partie antérieure, mobile en *i*, peut aller et venir de droite à gauche. Une petite plaque *o*, dont le plan est dans l'axe de l'appareil, sert à placer le cristal, et peut être mise en mouvement au moyen du bouton *n*.

3.



Pour se servir de cet instrument, on fixe d'abord le cristal sur le support *o* avec de la cire molle, et de manière que l'arête des deux faces qu'on veut mesurer soit à peu près perpendiculaire au plan du cercle, et dans l'axe de rotation. On place alors l'instrument sur une table, devant le jour, pour procéder à l'opération.

Placer l'arête du cristal horizontalement. — L'arête du cristal doit être rigou-

Digitized by Google

reusement horizontale si le plan du cercle est vertical. Pour arriver à cette rigueur nécessaire, on part de ce principe, qu'un miroir horizontal réfléchit horizontalement l'image des objets qui sont placés de même. On cherche donc au loin deux lignes naturellement horizontales, comme une ligne de toit, une ligne de balcon, etc., et l'on dispose le plan du cercle à peu près perpendiculaire au plan du bâtiment qui les présente. On approche alors l'œil très-près du cristal, et, en faisant tourner l'axe intérieur au moyen de la virole *g*, on amène une des faces dans une position telle qu'elle puisse réfléchir, par exemple, la plus haute des lignes de mire qu'on a choisies; puis on continue à tourner lentement jusqu'à ce que l'image qu'on aperçoit se rapproche de la ligne de mire la plus basse, vue directement, et l'on examine alors ce qui se passe. Si les deux lignes coïncident dans toute l'étendue qu'on aperçoit, la face du cristal est horizontale; si elles ne coïncident pas, on fait varier doucement, soit la position du cercle, soit celle du cristal, au moyen des pièces qui sont mobiles en *h* et en *i*, jusqu'à ce qu'on parvienne à produire la coïncidence.

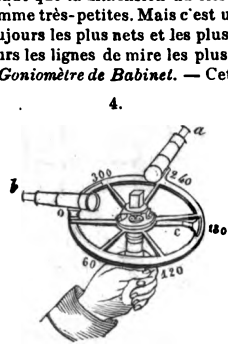
On fait alors la même opération sur la seconde face, qu'on amène en position en la faisant tourner par la virole *n*. Lorsqu'on est parvenu à placer celle-ci de manière à faire coïncider l'image réfléchie avec l'image directe, on revient à la première pour voir s'il n'y a pas eu de dérangement. Après divers tâtonnements, qu'il faut faire avec soin, on parvient à avoir coïncidence des lignes de mire sur l'une et sur l'autre face, qui sont dès lors toutes deux horizontales, et dont l'intersection est par conséquent elle-même horizontale.

Mesure de l'angle. — Cela fait, on met le cercle gradué à 0° ou 180°, car il est divisé en deux parties, ce qui se fait en tournant la virole *f*. un point d'arrêt indique naturellement quand on y est parvenu. On commence alors par tourner le cristal au moyen de la virole *g*, pour amener une face à réfléchir la ligne de mire supérieure, et la faire coïncider exactement avec la ligne inférieure. Cela fait, au moyen de la virole *f*, on tourne le cercle lui-même, qui entraîne alors le cristal dans sa rotation, jusqu'à ce que la réflexion et la coïncidence des lignes de mire aient aussi lieu exactement sur la seconde face. Il ne s'agit plus alors que de lire les degrés sur le limbe, et les fractions de degré sur le vernier *p*.

Cet instrument n'est destiné qu'à mesurer de très-petits cristaux, parce que l'œil n'étant pas fixe, et la distance des objets de mire n'étant jamais très-grande, il faut que la dimension du cristal et sa distance à l'œil puissent être considérées comme très-petites. Mais c'est un avantage réel, parce que les petits cristaux sont toujours les plus nets et les plus réfléchissants. Nous conseillerons de prendre toujours les lignes de mire les plus éloignées possibles.

Goniomètre de Babinet. — Cet instrument, fig. 4, qu'on peut tenir à la main ou fixer sur un pied, consiste en un cercle garni de deux lunettes, *a* et *b*, et une alidade *c* qui tourne au centre; la lunette *a* est fixe, et la lunette *b* est mobile et garnie d'un vernier. Au centre se trouve un petit support susceptible de tourner sur lui-même, et sur lequel on fixe, avec de la cire molle, le cristal qu'on veut mesurer.

4.



Les lunettes renferment chacune intérieurement deux fils croisés rectangulaires, qui sont placés au foyer de l'oculaire et qui, la lunette étant tournée vers le jour, se trouvent ainsi éclairés par un faisceau de rayons parallèles. Ces fils remplacent dès lors, dans la lunette fixe, des points de mire placés à l'infini. Avant de se servir de l'instrument, il faut arranger chacune des lunettes, au moyen des tirages, de manière à voir distinctement les objets éloignés, afin qu'en amenant la lunette *b* vis-à-vis la lunette fixe *a*, on aperçoive les quatre fils.

Digitized by Google

Placer une des mires parallèlement au cercle. — Maintenant il convient de placer un des fils de la lunette fixe parallèlement au plan du cercle; l'autre sera alors perpendiculaire. Pour cela, on tourne d'abord l'oculaire de la lunette *b* de manière que ses fils soient parallèles à ceux de la lunette *a*; puis on déplace la lunette mobile de droite à gauche, et de gauche à droite alternativement, pour voir ce qui arrive dans ces mouvements. Si les fils parallèles se rapprochent ou s'écartent l'un de l'autre, le parallélisme au plan du cercle n'a pas lieu; et il faut tourner un peu les oculaires, puis recommencer le mouvement de droite à gauche et de gauche à droite : on arrive bientôt par ce tâtonnement à une position telle que les fils ne changent pas de distance pendant le mouvement, et il est alors certain qu'ils sont parallèles au limbe. On place alors le cristal sur le support au moyen de cire molle.

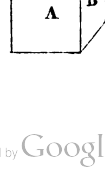
Placer le cristal verticalement. — L'arête du cristal doit être perpendiculaire au plan du cercle; et pour la placer ainsi, après avoir porté la lunette *b* à droite, par exemple, on tourne le support jusqu'à ce que l'une des faces du cristal réfléchisse les points de mire fournis par la lunette fixe, et en amène l'image dans la lunette mobile. Si, en faisant aller et venir cette lunette, on n'aperçoit aucun dérangement au parallélisme que nous avons précédemment établi, la face est verticale; si le parallélisme est dérangé, on fait mouvoir le cristal sur la cire de manière à le rétablir. Après avoir opéré sur une face, on tourne le support pour opérer sur l'autre. Si celle-ci ne dérange pas le parallélisme, elle est aussi verticale, et l'arête de jonction l'est également. Si le parallélisme est dérangé, on fait mouvoir le cristal sur la cire, jusqu'à ce qu'il soit rétabli, puis on vérifie la première face.

Mesurer l'angle. — On tourne d'abord un peu l'oculaire de la lunette mobile pour que ses fils deviennent obliques sur ceux de la lunette fixe, et par exemple à 45°, ce qui donne plus de facilité pour observer les coïncidences dont on va avoir besoin. On met l'alidade sur 180° et la lunette mobile sur la partie opposée du cercle; on fait alors mouvoir le support du cristal pour placer ce dernier de manière à réfléchir les fils de mire dans la lunette mobile, et amener le point de croisement des fils de cette dernière sur le fil vertical de la lunette fixe. Cela fait, on fait mouvoir l'alidade *c*, jusqu'à ce qu'on amène l'autre face du cristal à diriger de même les lignes de mire, et à effectuer la même coïncidence du point de croisement avec le fil vertical de *a*. Il n'y a plus alors qu'à lire l'angle cherché sur le limbe.

Observation. — La lumière extérieure, qui tombe sur le cristal, est souvent plus forte que celle qui arrive par la lunette fixe, et il devient impossible d'apercevoir l'image des fils de mire perdue dans cette lumière. Pour remédier à cet inconvénient, il faut placer des écrans noirs autour du cristal, afin de le priver de toute lumière qui ne sort pas de la lunette fixe.

§ 10. **Les cristaux sont des polyèdres géométriques.** — Sachant mesurer les angles dièdres des cristaux, on peut se convaincre que ces corps sont réellement des polyèdres géométriques. Si l'on examine, par exemple, les polyèdres à six faces, fig. 5, qu'on trouve très-fréquemment, on observe qu'une face A, formant avec B un certain angle, fait toujours avec la face de retour, à gauche, un angle complémentaire. De même la face supérieure C, faisant un certain angle avec A, fait l'angle complémentaire avec la face postérieure. De là il résulte que des solides de cette espèce ont leurs faces parallèles deux à deux, et,

5.



Digitized by Google

par conséquent, sont de véritables parallélipipèdes, suivant la définition géométrique de ce genre de solides.

En mesurant les inclinaisons des faces dans d'autres polyèdres, on trouve aussi entre les angles des rapports intimes, qui montrent encore que ces faces sont toujours coordonnées d'une manière toute géométrique.

§ 11. **Faits fondamentaux de cristallographie.** — Les formes polyédriques des corps bruts sont extrêmement nombreuses, non-seulement parce que chaque corps peut en offrir de particulières, mais bien plus encore parce que, dans la même matière, il peut s'en trouver de très-variées. Ces formes se comptent aujourd'hui par milliers, ce qui peut faire d'abord considérer leur étude comme devant être aussi longue que difficile ; mais il existe des faits généraux qui la ramènent à une grande simplicité. Ces faits établissent :

1° Qu'un grand nombre de formes, en apparence très-différentes, se lient entre elles de la manière la plus naturelle, et ne sont que des modifications plus ou moins profondes les unes des autres ;

2° Que toutes les formes connues, et l'on pourrait dire à connaître, constituent six groupes distincts, dont les caractères sont nettement tranchés ;

3° Que dans chacun de ces six groupes tous les polyèdres peuvent se déduire rigoureusement d'une forme unique, prise à volonté parmi celles qui s'y trouvent ; d'où il résulte que toutes les études cristallographiques se réduisent à bien connaître les propriétés physiques et géométriques d'un très-petit nombre de formes qu'on peut prendre pour types de toutes les autres. Étudions ces grands principes de la science.

MODIFICATIONS DES CRISTAUX.

§ 12. **Comment se font ces modifications.** — Les cristaux, quels qu'ils soient, se modifient fréquemment par de nouveaux plans, qui se placent de diverses manières sur leurs arêtes ou sur leurs angles solides. Les faces ainsi produites sont quelquefois extrêmement petites, mais souvent aussi elles s'élargissent aux dépens des faces primordiales, qu'elles finissent par faire disparaître entièrement, en donnant naissance à des solides tout différents. C'est par ce moyen que les formes en apparence les plus éloignées les unes des autres, se lient entre elles de la manière la plus intime, comme le montre immédiatement à l'œil la série des figures que nous rassemblons ici, et pour chacune desquelles il suffira de quelques mots. Tantôt les modifications se font à la fois sur toutes les arêtes

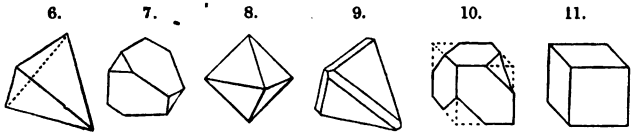
Digitized by Google

ou sur tous les angles solides, en un mot sur toutes les parties de même dénomination ; tantôt elles ne se font que sur quelques-unes d'entre elles, et se diversifient ou se mélangent de différentes manières

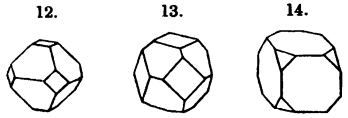
1° *Modifications sur toutes les parties de même nom.*

§ 13. **Transformation du tétraèdre.** — Un *tétraèdre*, régulier ou irrégulier, fig. 6, se trouve naturellement modifié sur les quatre angles solides, fig. 7 ; mais dans divers échantillons on voit les faces nouvelles s'agrandir aux dépens des autres, et finir par réduire celles-ci à des triangles, fig. 8, ce qui produit un *octaèdre*.

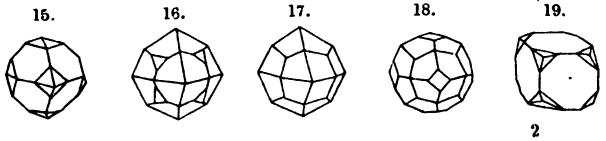
Le même solide se modifie sur les six arêtes, fig. 9 ; les faces nouvelles s'agrandissent, fig. 10, et, quand elles font disparaître les premières, on arrive à un *parallélipipède*, fig. 11.



§ 14. **Transformation de l'octaèdre et du parallélipipède.** — L'octaèdre, fig. 8, se trouve souvent lui-même modifié de différentes manières : lorsqu'il se présente une face à chacun des six angles, fig. 12, il arrive que, sur divers échantillons, ces faces s'étendent successivement, fig. 13, 14, et que bientôt le parallélipipède fig. 11, est encore reproduit, ce qui montre en même temps comment il donne lui-même l'octaèdre.



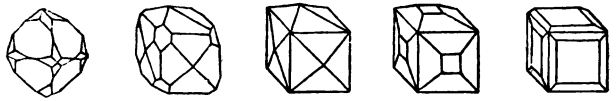
Quelquefois il y a quatre faces à chaque angle, fig. 15, qui, en s'étendant, fig. 16, conduisent enfin à un solide à 24 faces, fig. 17, qu'on nomme *trapézoèdre*. On voit, fig. 18 et 19, comment ce nouveau solide se rattache au parallélipipède, fig. 11.



Digitized by Google

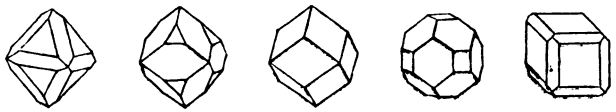
Quand les quatre faces nouvelles sont tournées vers les arêtes, fig. 20, et s'étendent successivement, comme fig. 21, on parvient au solide, fig. 22, qu'on nomme *hexatétraèdre*. Les fig. 24 et 23 montrent le passage du parallélipipède à ce solide, et réciproquement.

20. 21. 22. 23. 24.



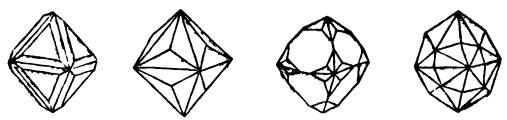
Il se fait aussi des modifications sur les douze arêtes de l'octaèdre, fig. 25, qui en s'étendant, fig. 26, conduisent au *dodécaèdre*, fig. 27. On voit, fig. 29 et 28, comment le parallélipipède produit le même solide.

25. 26. 27. 28. 29.



Quand les arêtes sont modifiées par deux faces, fig. 30, il se produit un autre solide à 24 faces, fig. 31. Si la modification se fait par 8 faces sur les angles, fig. 32, on obtient un polyèdre à 48 faces, fig. 33.

30. 31. 32. 33.



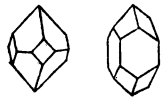
Ces premiers détails suffisent pour montrer que des solides très-différents, *tétraèdre, octaèdre, parallélipipède*, etc., peuvent avoir entre eux les plus grands rapports, et par conséquent se trouver dans la même substance. Nous allons en voir d'autres quand les modifications ne sont pas aussi complètes.

2° *Modifications sur quelques-unes des parties de même nom, et mélange de modifications.*

§ 15. **Passage de l'octaèdre au prisme.** — Dans certaines espèces d'octaèdres il n'y a souvent de modifié que les quatre angles laté-

Digitized by Google

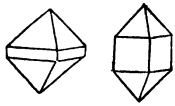
34. 35.



raux, fig. 34; ce qui donne lieu, quand les faces s'étendent suffisamment, à un prisme pyramidé, fig. 35.

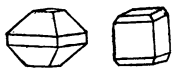
Ailleurs ce sont les quatre arêtes latérales qui se trouvent remplacées, fig. 36, et qui conduisent à un autre prisme pyramidé, fig. 37. Les deux modifications réunies donnent un prisme octogone.

36. 37.

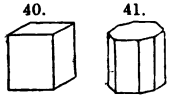


Nouveau parallélipipède. — Si la modification du sommet se joint à celle des arêtes latérales, fig. 38, il en résulte par extension, fig. 39, un nouveau parallélipipède, fig. 40, inverse du premier, fig. 11, c'est-à-dire dont les faces correspondent aux arêtes. Ces deux parallélipipèdes passent de l'un à l'autre par la modification de leurs arêtes latérales, fig. 41, où leur réunion produit un prisme octogone.

38. 39.

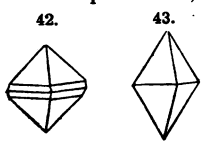


40. 41.



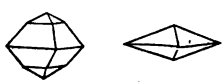
§ 16. **Passage à divers octaèdres.** — Un octaèdre donné peut souvent en produire un grand nombre d'autres, les uns plus aigus, les autres plus obtus, et qui sont tantôt directs, tantôt inverses.

42. 43.

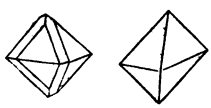


1° *Octaèdres directs.* Si un octaèdre est modifié par deux faces sur les arêtes latérales, fig. 42, il en résulte un octaèdre plus aigu, fig. 43, lorsque les nouvelles faces s'étendent jusqu'à faire disparaître les premières. Si au contraire il se fait une modification au sommet, fig. 44, il en résulte un octaèdre plus obtus, fig. 45, et dont le plus ou moins de surbaissement dépend de l'inclinaison des nouvelles faces.

44. 45.



46. 47.

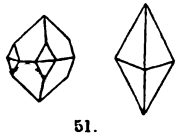


2° *Octaèdres inverses.* La modification des arêtes culminantes, fig. 46, conduit à un nouvel octaèdre plus obtus, fig. 47, dont les faces sont placées en sens inverse de celle du premier. C'est ce que produit encore la modification du sommet par quatre faces tournées vers les arêtes, fig. 48; le nouveau solide est alors plus ou moins surbaissé, suivant que les faces modifiantes sont plus ou moins inclinées à l'axe de l'ancien.

48.

Digitized by Google

49. 50.



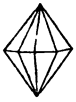
51.

La modification des angles latéraux, chacun par deux faces, fig. 49, conduit à des octaèdres inverses plus aigus, fig. 50.

Ces formes, directes et inverses, se produisent sur un parallélipipède déterminé, les unes par la modification des angles, fig. 51, les autres par la modification des arêtes, fig. 39. Les divers degrés d'acuité dépendent du plus ou moins d'inclinaison des nouvelles faces.

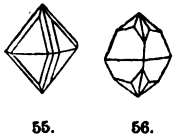
§ 17. **Passage à la double pyramide octogone.** — La modification des angles latéraux, fig. 49, peut produire des faces tellement inclinées que de leur réunion avec les faces primordiales il résulte une double pyramide octogone, fig. 52.

52.

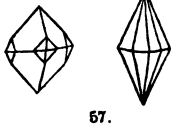


Il s'en produit aussi de plusieurs autres manières : d'un côté, par la modification des arêtes culminantes, chacune par deux faces, fig. 53; d'un autre, par la modification des angles des sommets, chacun par huit faces, fig. 54; et enfin par la modification des angles latéraux, chacun par quatre faces, fig. 55. Dans les deux premiers cas, les doubles pyramides sont obtuses; dans le troisième, elles sont aiguës, fig. 56. Les deux pyramides seraient séparées par un prisme octogone, si l'octaèdre se modifiait en même temps sur les quatre arêtes latérales et sur les quatre angles correspondants, comme fig. 34 et 36.

53. 54.



55. 56.

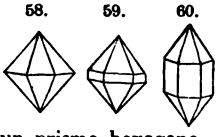


57.

Ces sortes de solides sont produits sur les parallélipipèdes par la modification des angles, chacun par deux faces plus ou moins obliques, fig. 57.

§ 18. **Pyramide hexagone et prisme hexagone.** — Dans certains octaèdres, il arrive que les modifications latérales, fig. 49, ne se font que sur deux angles opposés : si alors les faces sont convenablement inclinées, il se produit une double pyramide hexagone, fig. 58.

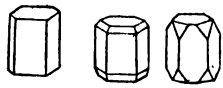
58. 59. 60.



Les deux sommets seraient séparés par un prisme hexagone, fig. 59, 60, si à la modification des quatre arêtes latérales de l'octaèdre, fig. 36, il se joignait la moitié des

Digitized by Google

61. 62. 63.

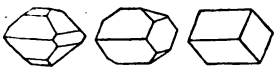


modifications des angles, fig. 34, pris alternativement.

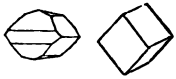
Si l'un des parallélipipèdes, au lieu de se modifier sur les quatre arêtes latérales, fig. 41, ne se modifiait que sur deux arêtes opposées, on aurait le prisme hexagone, fig. 61. La pyramide s'obtiendrait sur ce prisme par la modification des arêtes des bases, fig. 62, qui reconduirait ainsi au prisme pyramidé plus ou moins allongé, fig. 59, 60. On obtiendrait une autre pyramide par la modification des angles solides, fig. 63.

§ 19. **Parallélipipède à axe renversé.** — Il y a des octaèdres qui se modifient au sommet par des faces opposées, fig. 64, et en même temps sur deux arêtes opposées des bases. Si les nouvelles faces s'étendent, fig. 65, et finissent par masquer le premier solide, on obtient un parallélipipède, fig. 66, à axe horizontal.

64. 65. 66.

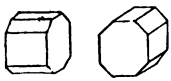


67. 68.



Si l'octaèdre se modifie dans le sens opposé, comme fig. 67, il en résulte un autre parallélipipède dont l'axe horizontal vient en avant, fig. 68.

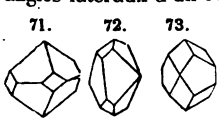
69. 70.



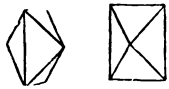
Ces formes se produisent sur les parallélipipèdes, fig 11 et 40, par la modification de deux arêtes opposées à chaque base, comme fig. 69 et 70.

§ 20. **Octaèdre à axe renversé.** — Les faces qui remplacent les angles latéraux d'un octaèdre, fig. 71, se trouvent quelquefois inégalement inclinées sur les arêtes correspondantes; dès lors, en s'étendant, elles parviennent à se couper plutôt d'un côté que de l'autre, soit en avant, fig. 72, soit latéralement, fig. 73. Si elles font disparaître alors la moitié du premier octaèdre, il en résulte deux nouveaux solides de même genre, fig. 74 et 75, dont les axes sont horizontaux.

71. 72. 73.

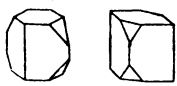


74. 75.



Un parallélipipède produit facilement ces sortes d'octaèdres par la modification de la moitié de ses angles solides, comme fig. 76, 77.

76. 77.



On voit par cette seconde série d'observations diverses sortes d'octaèdres, de parallélipipèdes et de solides pyramidaux qui se

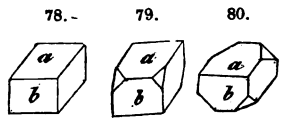
Digitized by Google

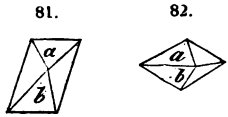
rattachent encore les uns aux autres, quelque différence qu'ils puissent en apparence offrir. En voici encore d'autres qu'il faut distinguer.

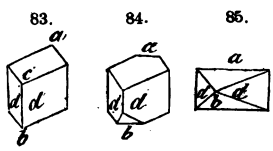
3° *Modification des solides obliques.*

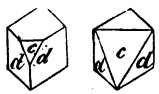
§ 21. Dans les parallélipipèdes, les prismes, les octaèdres et les divers solides pyramidaux que nous venons d'étudier, les faces sont ordonnées par rapport à un axe vertical ; mais il y a des cristaux où l'on aperçoit une obliquité plus ou moins prononcée : et si, à cette obliquité près, on reconnaît encore des résultats analogues à ceux que nous venons d'indiquer, on en trouve aussi de nouveaux qu'il est nécessaire d'étudier.

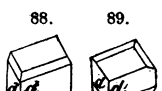
§ 22. **Octaèdres de diverses sortes.** — Il y a trois genres d'octaèdres qui n'existent pas parmi les précédents ; voici comment :











1° Un parallélipipède oblique, fig. 78, se modifie souvent sur la moitié des angles solides, fig. 79 ou 80 ; et s'il arrive alors que les nouvelles faces s'étendent jusqu'à masquer les faces latérales anciennes et à réduire les autres à des triangles, il en résulte deux nouveaux octaèdres, fig. 81 et 82, qui conservent quatre faces du parallélipipède.

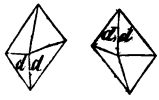
2° Le parallélipipède inverse, fig. 83, en se modifiant sur les angles solides opposés *a* et *b*, fig. 84, conduit, par une extension suffisante des nouvelles faces, à un nouvel octaèdre, fig. 85, qui conserve les traces des six faces parallélipipédiques.

Lorsque la modification a lieu sur l'angle *c* et son opposé, fig. 86, il en peut résulter un octaèdre aplati du même genre, fig. 87.

3° Ce même parallélipipède inverse se modifie sur la moitié des arêtes des bases, fig. 88 ou 89 ; et lorsque les nouvelles faces s'étendent de manière à masquer les bases, les faces latérales se réduisant à des triangles, il en ré-

Digitized by Google

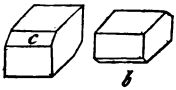
90. 91.



sulte encore de nouveaux octaèdres, fig. 90 et 91, qui conservent quatre des anciennes faces. Ainsi nous avons six espèces d'octaèdres différents de tous ceux que nous avons vus jusqu'ici.

§ 23. **Parallélipipède de divers degrés d'obliquité.** — Un parallélipipède oblique, comme fig. 78, ne se modifie souvent que sur une seule arête à chaque base, comme fig. 92 ou 93. La face nouvelle peut alors se prolonger de manière à masquer la base ancienne, et il se fait de nouveaux parallélipipèdes, fig. 94 ou 95, plus ou moins obliques que le précédent, l'un dans le même sens, l'autre dans un sens inverse.

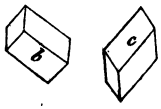
92. 93.



94. 95.

Dans les modifications sur les angles, fig. 84 et 86, il arrive aussi que les nouvelles faces font disparaître les bases, et il se forme encore de nouveaux parallélipipèdes obliques, fig. 96, 97.

96. 97.



Parmi toutes les inclinaisons possibles des nouvelles faces, fig. 84 ou 93, il peut se produire des parallélipipèdes droits.

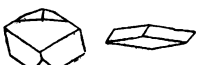
§ 24. **Autre production de parallélipipèdes.** — Parmi tous les parallélipipèdes obliques, fig. 83, il en est dont les faces, toutes égales, sont régulièrement ordonnées autour d'un axe vertical passant par *a* et *b*, et qu'on peut dès lors placer verticalement, comme fig. 98. Ces sortes de parallélipipèdes peuvent en produire une infinité d'autres du même genre de quatre manières différentes :

98.

99. 100. 101.

1° En se modifiant sur les arêtes qui concourent au sommet, fig. 99; ce qui conduit, par extension suffisante des nouvelles faces, au solide, fig. 100, et enfin au parallélipipède inverse, fig. 101;

102. 103.



2° En se modifiant aux sommets par trois faces, fig. 102; ce qui donne un solide comme le précédent, fig. 103, dont il peut exister un nombre infini d'espèces, suivant le plus ou moins d'inclinaison des faces modifiantes :

104. 105.

3° En se modifiant par trois faces tournées vers celle du parallélipipède, fig. 104,

Digitized by Google

106.

107.

d'où résulte un solide de même position que celui dont on part, fig. 105;

4° En se modifiant sur les six angles latéraux, fig. 106, par des facettes plus ou moins inclinées; il en résulte un grand nombre de parallélipipèdes de plus en plus aigus, tantôt inverses, fig. 107, 108, tantôt directs, fig. 109, ce qui tient à la plus grande obliquité des modifications vers un sommet ou vers l'autre.

108.

109.

§ 25. **Dodécaèdres bi-pyramidaux.** — Quelquefois les faces modifiantes, fig. 106, s'étendent de manière à réduire les autres à des triangles : il en résulte alors un dodécaèdre, fig. 110, qui prend de la régularité quand les facettes nouvelles sont inclinées de manière à reproduire un parallélipipède inverse complétement identique avec celui dont on part. Chaque parallélipipède, aigu ou obtus, peut avoir son inverse, et de la réunion résulte un nombre infini de dodécaèdres.

110.

Indépendamment de ces dodécaèdres, où toutes les faces sont des triangles isocèles, il s'en produit beaucoup d'autres qui sont, en général, à triangles scalènes. Cela peut avoir lieu de quatre manières différentes.

111.

112.

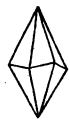
113.

1° Par la modification des six arêtes culminantes, chacune par deux faces, fig. 111, qui donne des dodécaèdres obtus, fig. 112, variables à l'infini suivant les inclinaisons mutuelles des facettes modifiantes;

2° Par six facettes sur chacun des angles culminants, fig. 113, d'où résultent des solides analogues;

3° Par deux facettes à chacun des six angles latéraux, fig. 114, qui produisent des solides plus ou moins aigus, fig. 115;

114.

115. 

4° Par deux faces sur chacune des six arêtes latérales, fig. 116; d'où résultent des solides analogues à ceux de la fig. 115, mais inverses, les faces culminantes correspondant alors aux arêtes.

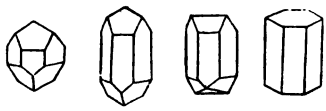
116.

Il faut remarquer qu'à chaque solide produit par la modification, fig. 114, il peut toujours correspondre un solide identique inverse produit, comme fig. 116.

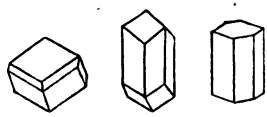
Digitized by Google

§ 26. **Production de prismes hexagones.** — Nous avons déjà vu des solides de ce genre se former par la modification des arêtes latérales sur certains parallélipipèdes, § 18 ; mais les cristaux obliques qui nous occupent en présentent encore d'autres qui se produisent de deux manières.

117. 118. 119. 120.



121. 122. 123.



1° Par la modification des angles latéraux dans la fig. 106, lorsque les nouvelles faces sont parallèles à l'axe : on arrive alors par extension à des solides, fig. 117, 118, et il ne faut plus qu'une modification au sommet, fig. 119, suffisamment profonde, pour avoir un prisme complet, fig. 120 ;

2° Par une modification sur les arêtes latérales, fig. 121, parallèlement à l'axe, ce qui donne par extension un autre prisme pyamidé, fig. 122 ; il en résulte par conséquent un second prisme hexagone, fig. 123, inverse du premier, lorsqu'il se joint aussi une modification suffisamment profonde à chaque sommet.

DIVISION DES CRISTAUX EN SIX GROUPES.

§ 27. L'observation fait voir que la coexistence ou la disjonction des facettes modifiantes sur les parties de même nom ne sont pas des effets du hasard ; il se présente à cet égard une constance de résultats, d'une espèce ou de l'autre, dont il faut nécessairement chercher la cause dans des propriétés particulières que possèdent les solides modifiés. Ce sont ces propriétés, que nous allons maintenant étudier, qui établissent les six groupes cristallins que nous avons précédemment annoncés, § 11.

PREMIER GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdre régulier, cube, etc.

§ 28. **Caractères physiques.** — Parmi tous les octaèdres que peuvent présenter les corps bruts, il en est un, fig. 124, qui possède la propriété d'avoir toujours toutes les parties de même nom modifiées à la fois de la même manière ; c'est-à-dire :

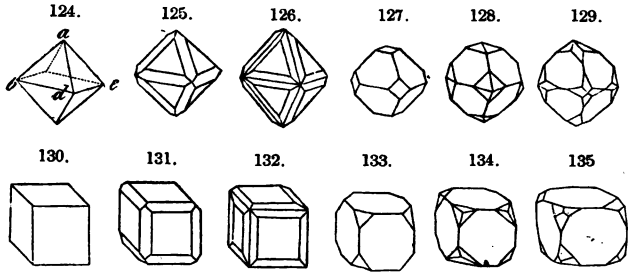
Digitized by Google

1° Que toutes ses arêtes sont toujours modifiées à la fois, par une seule face, ou par deux, fig. 125 ou 126 ;

2° Que tous les angles solides sont remplacés à la fois, tantôt par une facette, fig. 127, tantôt par quatre, tournées vers les faces, fig. 128, ou vers les arêtes, fig. 129, ou même par huit.

Le parallélipipède qui se rattache à cet octaèdre, fig. 130, présente des propriétés analogues : toutes les arêtes se modifient à la fois, par une seule face ou par deux, fig. 131 ou 132 ; tous les angles solides sont aussi modifiés à la fois, par une face, fig. 133, ou par trois, fig. 134 et 135, ou enfin par six.

C'est par suite de ces propriétés que se forment tous les solides dont nous avons montré la production, fig. 6 à 34, et jamais aucun de ceux qui viennent ensuite.



§ 29. **Caractères géométriques.** — La mesure des angles dièdres fait voir que cet octaèdre a toutes ses faces également inclinées entre elles, et qu'il en est de même du parallélipipède correspondant, dont toutes les faces se rencontrent sous l'angle de 90°.

Dans les diverses modifications, les mesures font voir que chaque espèce de facettes nouvelles s'incline du même nombre de degrés sur les faces adjacentes du solide qu'elles modifient.

Ces observations conduisent à d'autres caractères, qui ont sur les premiers l'avantage de la brièveté et de la netteté. On en déduit :

1° Que le tétraèdre qu'on peut rencontrer dans ce groupe est le *tétraèdre régulier* de la géométrie, dont les faces sont des triangles équilatéraux, et sont toutes inclinées entre elles de 70° 31′ 44″ ;

2° Que l'octaèdre est l'*octaèdre régulier*, formé de huit faces triangulaires équilatérales, inclinées entre elles de 109° 28′ 16″ ;

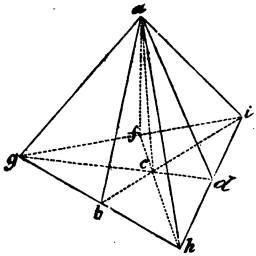
3° Que le parallélipipède qui s'y trouve est le *cube*, composé de six faces carrées.

Digitized by Google

§ 30. Donnons quelques explications relatives à ces résultats :

1° Tétraèdre. — Un angle dièdre se mesure par les perpendiculaires menées dans les deux plans qui le forment, à un même point de l'arête de jonction. Ainsi *ac*, fig. 136, étant perpendiculaires à la base du solide, *ab* et *cb* perpendiculaires à l'arête *gh*, l'angle *abc* mesurera l'inclinaison des deux plans. Il en sera de même de *adc*, *afc* qui seront les angles dièdres des autres plans.

136.



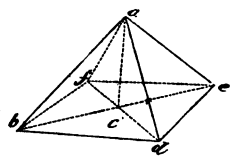
Maintenant l'observation montre que toutes les faces du trétaèdre de ce groupe sont également inclinées entre elles, donc tous les triangles *acb*, *acd*, *acf* sont égaux, et par conséquent les lignes *cb*, *cd*, *cf* de même grandeur; donc le point *c*, projection du sommet, se trouve à égale distance des trois côtés.

De cette donnée, et de l'égalité d'inclinaison de toutes les faces culminantes, on conclut que les traces sur le plan de projection, qui ne sont que les côtés de la base de la pyramide, font aussi entre elles des angles égaux; donc cette base est un triangle équiangle, et par conséquent équilatéral; donc aussi les projections *cg*, *ci*, *ch* des arêtes sont égales, et par suite ces arêtes elles-mêmes.

Les mêmes conséquences ayant lieu quelle que soit celle des faces qu'on prend pour base, il en résulte qu'elles présentent toutes des triangles équilatéraux et égaux.

2° Octaèdre. — Toutes les faces de l'une des pyramides étant également inclinées sur celles de l'autre, si l'on suppose un plan par les arêtes *bd*, *de*, fig. 124; on détachera une pyramide, fig. 137, dont les quatre faces sont également inclinées à la base, ce qui place la projection *c* du sommet a égale distance des quatre côtés.

137.

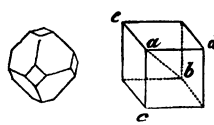


Cela posé, les faces culminantes étant toutes également inclinées entre elles, leurs traces, qui sont les côtés de la base, font aussi entre elles des angles égaux et conséquemment droits; et comme ces côtés sont à égale distance du point *c*, la base est un carré. De là il suit que les projections *cb*, *cd*, *ce*, *cf* des arêtes culminantes sont égales, et par conséquent ces arêtes elles-mêmes.

Maintenant, puisque toutes les faces sont également inclinées entre elles, si l'on prend pour sommet de l'octaèdre un angle quelconque, on arrivera au même résultat, et l'on conclura que toutes les autres sont égales; donc, toutes les faces sont des triangles équilatéraux égaux, ce qui est le caractère de l'octaèdre régulier.

3° Parallélipipède. — Toutes les faces étant à angle droit, le solide est rectangulaire et droit; mais les faces qui le produisent sur l'octaèdre, fig. 138, étant également inclinées sur les faces adjacentes, il en résulte qu'en se réunissant en *a*, fig. 139, elles sont toutes également inclinées sur la diagonale *ab*. Donc, si l'on fait passer un plan par les trois points *c*, *d*, *e*, on détachera une sorte de tétraèdre dont toutes les faces seront également inclinées à la base, où la projection du sommet se trouvera au centre, où la base sera un triangle équilatéral, où les arêtes culminantes seront égales (voyez ci-dessus 1°); donc, ce parallélipipède est un cube.

138. 139.



Digitized by Google

DEUXIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes à bases carrées.

§ 31. **Caractères physiques** — Certains octaèdres, fig. 140, au lieu d'être essentiellement modifiés à la fois sur toutes les arêtes, comme le précédent, ne le sont souvent que sur les arêtes latérales, fig. 141, 142, ou sur les arêtes culminantes, fig. 143 ou 144, par une face ou par deux.

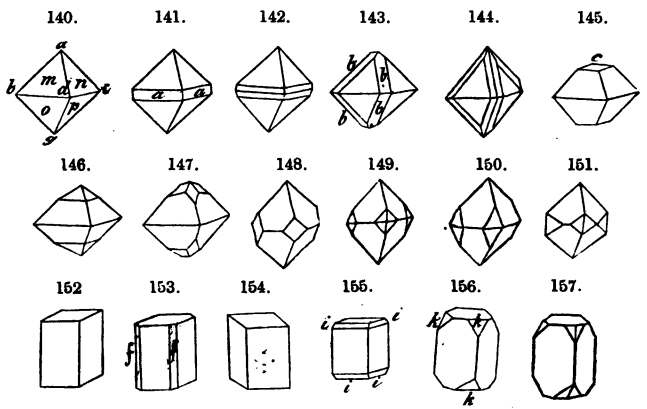
Sur les angles, les modifications se partagent aussi en deux : il s'en fait isolément sur les angles du sommet, fig. 145 à 147, par une face ou par quatre, ou bien sur les angles latéraux, fig. 148 à 151 ; mais, dans ce dernier cas, les facettes modifiantes tournées vers les arêtes ne vont que deux à deux, fig. 150 ou 151.

Les octaèdres inverses se conduisent exactement de même.

Un parallélipipède de ce groupe, fig. 152, se modifie isolément sur les arêtes latérales, fig. 153, ce qui donne lieu au parallélipipède inverse, fig. 154. Ailleurs c'est seulement sur les arêtes des bases que la modification a lieu, fig. 155.

Sur les angles, l'un ou l'autre de ces parallélipipèdes se modifie par une face, fig. 156, ou par deux, fig. 157 ; jamais essentiellement par trois, comme dans le premier groupe.

D'après ces propriétés, on voit qu'il peut exister dans ce groupe un grand nombre d'octaèdres directs ou inverses, deux parallélipipèdes inverses, des prismes et des pyramides octogones; en un mot, tous les solides dont nous avons indiqué la production, § 15 à 17.



Digitized by Google

§ 32. **Caractères géométriques.** — La mesure des angles dièdres fait voir qu'aucun des octaèdres de ce groupe ne présente entre ses faces l'égalité d'inclinaison qui caractérise l'octaèdre régulier. Il y a toujours deux sommets opposés, *a* et *g*, fig. 140, autour de chacun desquels les quatre faces culminantes sont également inclinées entre elles ; mais d'un sommet sur l'autre les angles dièdres sont différents, quoique aussi tous égaux.

D'un autre côté, les modifications sur les parties de même nom ne présentent pas toutes la même inclinaison sur les faces adjacentes du solide modifié. Les faces *a*, fig. 141, s'inclinent également sur les faces adjacentes et sous un certain angle ; mais les faces *b*, fig. 143, s'inclinent, et encore également, sous un autre angle. Il en est de même des facettes *c*, fig. 145, comparées aux facettes *d*, fig. 148 : dans chaque espèce la facette est également inclinée sur les quatre faces adjacentes, mais d'une espèce à l'autre l'angle est différent.

Il en est de même dans le parallélipipède : les facettes latérales *f*, fig. 153, s'inclinent également sur les faces voisines, et toutes de la même manière ; les facettes *i*, fig. 155, s'inclinent inégalement sur la base et sur les pans, mais toutes de même. Aux angles solides, les facettes *k*, fig. 156, s'inclinent également et toutes de même, sur les faces latérales ; mais elles font un autre angle avec la base.

De là il suit que les octaèdres de ce groupe sont à base carrée ; que les arêtes culminantes sont toutes égales et d'une certaine longueur, tandis que celles de la base carrée commune sont d'une longueur différente.

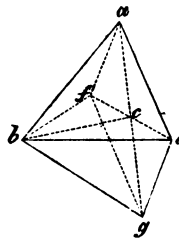
Les parallélipipèdes qu'on rencontre dans ce groupe sont aussi forts différents de celui du groupe précédent. Les faces sont encore toutes à angle droit, mais les bases sont des carrés et les faces latérales sont des rectangles ; c'est-à-dire que ces solides sont des *prismes à bases carrées*.

§ 33. Ces résultats sont encore faciles à démontrer, et ne sont en quelque sorte que les conséquences des raisonnements précédents, § 30, combinés avec les données particulières que fournissent les formes du groupe actuel.

Dans l'octaèdre, fig. 140, en prenant *ag* pour axe, on conclut de l'égalité d'inclinaison des faces d'une pyramide sur l'autre, que la projection du sommet est au centre de la base commune (§ 30, 2°) ; de là, et de l'égalité d'inclinaison des faces culminantes entre elles, on conclut que la base est un carré, et que dès lors les arêtes qui concourent aux sommets *a* et *g* sont égales.

Digitized by Google

158.



Les choses se passent autrement sur un autre sommet, *b* par exemple fig. 140; la pyramide, qu'on peut supposer détachée, fig. 158, a bien, d'après l'observation, ses quatre faces également inclinées à la base, mais non entre elles. Il y a un certain angle de *abd* sur *bgd*, et un autre sur les faces en retour; par conséquent les angles que forment entre elles les arêtes de la base, ne sont pas égaux. L'angle en *d*, et son opposé en *f*, sont d'une valeur, et les angles en *a* et *g* d'une autre; d'où il suit que la base est un rhombe, car les arêtes sont égales, d'après la première observation; mais les projections, *ca*, *cd*, des arêtes culminantes sont inégales, par conséquent ces arêtes le sont aussi.

Quant aux prismes, leur nature résulte de leurs production sur l'octaèdre à base carrée. L'un d'eux se forme de la réunion des modifications, fig. 145 et 148, d'où résulte le polyèdre fig. 159. Or, les facettes *a* sont toutes inclinées également et d'un certain angle sur les faces adjacentes, et les facettes *b* sont inclinées sous un autre angle; donc, quand elles se réunissent pour former l'angle solide *c* du parallélipipède fig. 160, les faces latérales sont toutes deux inclinées à l'axe *cd* d'une certaine manière, et la base est inclinée autrement.

159. 160.

Il résulte de là, que dans le tétraèdre qu'on pourrait détacher en faisant passer un plan par *efg*, la projection du sommet serait à égale distance des côtés *ef*, *gf*, et à une distance différente de *eg*. La base serait donc un triangle isocèle; et les projections des arêtes, *cg*, *ce*, seraient égales, tandis que la projection de *cf* serait différente. Cela montre l'égalité des deux premières arêtes, et la différence de la troisième. La base est donc un carré, et les faces latérales des rectangles.

On trouverait le même résultat pour le prisme inverse, qui se produit sur l'octaèdre inverse de la même manière que le précédent.

TROISIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes rectangulaires et rhomboïdaux.

§ 34. **Caractères physiques.** — Il y a des octaèdres, fig. 161, qui ne se modifient pas même essentiellement sur toutes les arêtes latérales à la fois. Il n'y en a souvent que deux de modifiés, tantôt par une face, fig. 162 ou 163, tantôt par deux.

Souvent aussi il ne se présente que deux facettes au sommet, fig. 164 ou 165, au lieu de quatre, comme fig. 146.

Les octaèdres inverses, fig. 166, se conduisent autrement : les quatre arêtes latérales se modifient toujours ensemble, fig. 167; mais il n'y a souvent que la moitié des arêtes culminantes de modifiées, par exemple fig. 168, et il en est de même des angles latéraux, par exemple fig. 169.

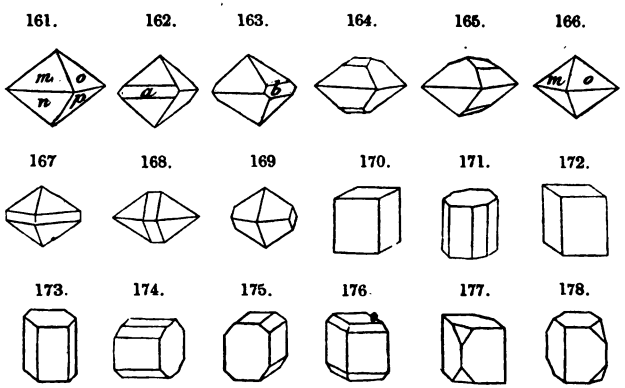
Les parallélipipèdes ont aussi des caractères particuliers : l'un,

Digitized by Google

fig. 170, peut être modifié à la fois sur toutes les arêtes latérales, fig. 171 ; l'autre, inverse du premier, fig. 172, ne se modifie souvent que sur la moitié de ces arêtes, fig. 173, d'où résulte un prisme hexagone.

Le premier ne se modifie souvent que sur la moitié des arêtes des bases, fig. 174 ou 175, en donnant des parallélipipèdes renversés : le second se modifie sur toutes ses arêtes, fig. 176 ; mais en revanche il n'a souvent que la moitié des angles solides modifiés, fig. 177 ou 178, tandis que dans l'autre tous les angles se modifient à la fois.

C'est de ces propriétés que résultent des octaèdres particuliers, des prismes et des pyramides hexagones, etc., comme nous l'avons montré § 18 à 20, ce qui n'empêche pas beaucoup de formes plus ou moins analogues en apparence à celles du groupe précédent.



§ 35. **Caractères géométriques** — Les octaèdres de ce groupe sont tellement constitués que les faces *m* et *n*, fig. 161, sont inclinées sous un certain angle, et les faces *o* et *p* sous un autre ; mais vers un même sommet les quatre faces sont également inclinées entre elles. Les facettes modifiantes *a* et *b*, fig. 162 et 163, s'inclinent chacune également sur les deux faces adjacentes ; mais l'une sous un certain angle, l'autre sous un angle différent.

L'un des parallélipipèdes, fig. 170, est rectangulaire ; mais l'autre, fig. 172, présente deux sortes d'angles entre ses faces latérales. Le premier offre ce caractère, que les facettes qui modifient ses arêtes latérales sont inégalement inclinées sur les faces adjacentes ;

Digitized by Google

dans l'autre, au contraire, ces inclinaisons sont égales, mais d'un certain angle pour deux facettes opposées, et d'un angle différent pour les deux autres, etc.

Les octaèdres inverses, fig. 166, ont toutes les faces d'un sommet également inclinées sur celles du second ; mais les faces culminantes présentent deux sortes d'inclinaisons mutuelles : l'une de *m* sur *o*, l'autre de *m* ou de *o* sur la face de retour.

Il suit de ces données que les *octaèdres directs* sont à *base rectangle*, que les *octaèdres inverses* sont *à base rhombe*, et que des deux prismes inverses l'un est à *base rectangulaire*, l'autre à *base rhombe*. Les deux parallélipipèdes à axe renversé sont aussi à base rhombe.

§ 36. Il nous suffit maintenant de quelques observations pour démontrer ces résultats.

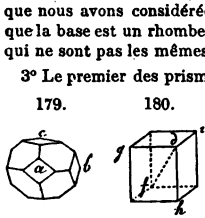
1° Dans l'octaèdre rectangulaire, fig. 161, il résulte des deux sortes d'inclinaisons des faces culminantes sur la base commune, que la projection du sommet est à égale distance de deux des arêtes de cette base, et à une distance différente des deux autres ; donc, la base a les côtés inégaux (voyez § 30, 2°).

D'un autre côté les faces culminantes étant également inclinées entre elles, les quatre angles de la base sont égaux, et par conséquent droits : donc, la base est un rectangle ; mais alors les demi-diagonales sont égales, donc les arêtes culminantes dont elles sont les projections le sont aussi.

2° Les caractères de l'octaèdre, fig. 166, sont précisément ceux de la pyramide que nous avons considérée § 33, et c'est en raisonnant de même qu'on voit ici que la base est un rhombe et qu'il y a deux sortes d'arêtes à chaque sommet, arêtes qui ne sont pas les mêmes que celles de la base commune.

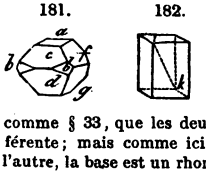
3° Le premier des prismes que nous avons obtenus résulte de la modification du sommet réunie à celle des angles latéraux dans l'octaèdre à base rhombe, comme fig. 179. Or, chacune des faces *a*, *b*, *c*, s'incline d'une manière différente sur la face adjacente de l'octaèdre ; donc, en se réunissant pour former l'angle solide *d*, fig. 180, elles se trouvent inégalement inclinées sur l'axe *df*. Il en résulte que dans le tétraèdre qu'on pourrait détacher en faisant passer un plan par *e*, *g*, *h*, la projection du sommet serait à des distances inégales des trois côtés de la base ; les projections des arêtes culminantes seraient toutes trois inégales, et, par conséquent, ces arêtes elles-mêmes : donc, le solide rectangulaire a ses trois dimensions inégales.

179. 180.



4° Enfin le second parallélipipède résulte de la modification de l'octaèdre rectangulaire sur ses six angles solides, fig. 181. Or, les faces *b* font toutes deux le même angle avec *c*, et la face *a* fait un angle différent ; donc, en se réunissant pour former l'angle *i* du parallélipipède, fig. 182, les faces latérales font des angles égaux avec la diagonale *ik*, et la base fait un angle différent. On conclut de là, comme § 33, que les deux arêtes des bases sont égales, et l'arête latérale différente ; mais comme ici les faces latérales ne sont pas à angle droit l'une sur l'autre, la base est un rhombe au lieu d'un carré.

181. 182.



Digitized by Google

QUATRIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes obliques divers.

§ 37. **Caractères physiques.** — Nous n'examinerons pas en détail les nombreux octaèdres et parallélipipèdes de ce groupe, mais seulement ceux qui ont le plus de rapports apparents avec les précédents, pour constater les différences.

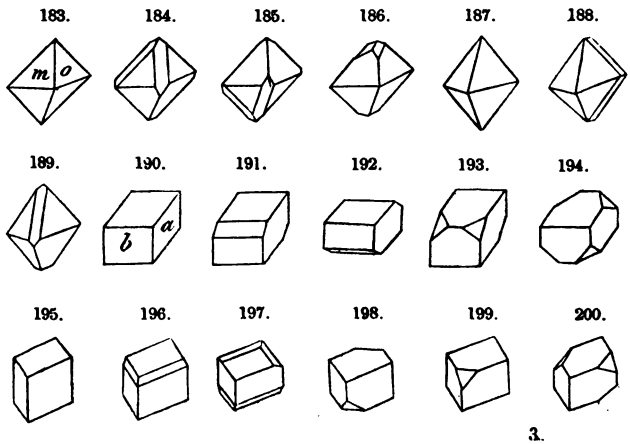
L'octaèdre fig. 183 diffère essentiellement des précédents, en ce que souvent il ne se modifie plus que sur la moitié des arêtes culminantes, fig. 184 ou 185.

Au sommet, au lieu de se modifier par quatre faces tournées vers les arêtes, il ne se modifie plus que par deux, fig. 186.

L'octaèdre inverse, fig. 187, se modifie bien sur les quatre arêtes latérales comme dans le groupe pécédent, fig. 167, ou bien sur les deux arêtes de côté à chaque sommet, fig. 188; mais il ne se modifie que sur la moitié des autres, fig. 189.

Le parallélipipède fig. 190 se modifie comme dans le groupe précédent sur les quatre arêtes latérales des bases, comme fig. 175; mais il ne se modifie souvent que sur la moitié des autres, fig. 191 ou 192. Il ne se modifie de même que sur la moitié des angles solides, fig. 193 ou 194.

Le parallélipipède inverse fig. 195 ne se modifie que sur la moitié des arêtes des bases, fig. 196 ou 197 : on ne le trouve sou-



Digitized by Google

vent modifié que sur deux angles solides opposés, fig. 198 ou 199, ou bien sur les quatre autres à la fois, fig. 200.

Il résulte de ces propriétés beaucoup d'octaèdres et de parallélipipèdes particuliers, dont nous avons vu la production § 22 et 23, indépendamment de tous les solides obliques analogues aux solides droits du groupe précédent.

§ 38. **Caractères géométriques.** — Dans les octaèdres directs, fig. 183, il y a deux sortes d'angles de la pyramide supérieure sur l'inférieure, et deux sortes d'angles entre les faces culminantes, l'un de *m* sur *o*, l'autre de *o* sur la face de retour.

Dans l'octaèdre inverse, fig. 187, il y a deux sortes d'angles à la base et trois sortes d'angles entre les faces culminantes.

Dans le prisme direct, fig. 190, les faces latérales sont à angle droit, et il en est de même de la base sur les faces latérales *a;* mais de cette base sur *b*, et sur son opposé, les angles sont obliques.

Dans le prisme inverse, fig. 195, il n'y a aucun angle droit, la base faisant aussi des angles obliques avec les faces latérales.

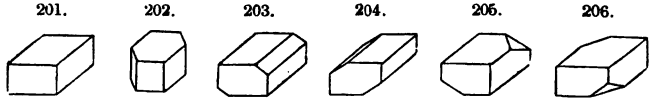
Les facettes modifiantes sont aussi inégalement inclinées sur les faces voisines, quoique toutes celles du même ordre s'inclinent de la même manière.

C'est de tout cela que résultent les divers octaèdres rectangulaires obliques, les octaèdres rhomboïdaux obliques et les prismes obliques rectangulaires ou rhomboïdaux.

CINQUIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Parallélipipèdes obliques obliquangles.

§ 39. Il n'y a jusqu'à présent dans ce groupe que des parallélipipèdes, fig. 201, diversement modifiés ; ils se distinguent des précédents :



1° En ce que s'ils se modifient sur deux arêtes latérales opposées, fig. 202, les facettes ne sont pas inclinées également sur les faces adjacentes, comme cela a lieu dans le cas des prismes rhomboïdaux, fig. 173, droits ou obliques.

2° En ce qu'il arrive souvent qu'ils ne se modifient que sur une

Digitized by Google

arête à chaque base, quelle qu'en soit l'espèce, par exemple fig. 203, 204; tandis que dans le groupe précédent même, les arêtes latérales des bases se modifient toujours toutes les quatre à la fois, fig. 175.

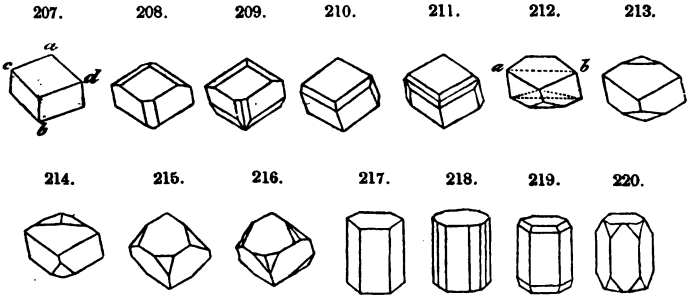
3° En ce qu'il n'y a souvent que deux angles solides de modifiés, quels que soient ces angles, par exemple fig. 205, 206; tandis que dans le groupe précédent on trouvait fréquemment quatre angles modifiés à la fois, fig. 193, 194, 200.

Ces propriétés conduisent à la conclusion que ces parallélipipèdes sont non-seulement *obliques,* mais à *base de parallélogramme obliquangle;* c'est-à-dire qu'ils ne sont ni rectangulaires ni rhomboïdaux.

SIXIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Rhomboèdres, prismes hexagones réguliers, etc.

§ 40. **Caractères physiques.** — Ici les octaèdres sont très-rares et nous ne nous en occuperons pas. Les formes dominantes sont des parallélipipèdes et des prismes hexagones.



Les parallélipipèdes, fig. 207, diffèrent beaucoup des prismes rhomboïdaux obliques, auxquels ils ressemblent, par le nombre et la position des facettes modifiantes qui se manifestent sur leurs diverses parties.

Ils se modifient à la fois sur les six arêtes qui aboutissent trois à trois à chacun des angles opposés *a* et *b,* soit par une seule face, soit par deux, fig. 208, 209. Des modifications de même genre, par une facette ou par deux, se placent aussi à la fois sur les six autres arêtes, fig. 210, 211. On voit là une grande diffé-

Digitized by Google

rence avec les prismes obliques précédents, qui ne se modifient que sur quatre des arêtes que nous venons d'indiquer, fig. 197, 196.

Ces parallélipipèdes se modifient aussi comme les prismes obliques, fig. 198, par une face sur chacun des angles opposés culminants, fig. 212, en donnant aussi une espèce d'octaèdre; mais de plus la modification se fait souvent par trois faces tournées vers celle du solide, fig. 213, ou vers les arêtes, fig. 214. Une différence plus grande encore, c'est que les six autres angles se modifient tous à la fois, fig. 215, et même par deux faces, fig. 216; tandis que dans le prisme oblique ordinaire il n'y a souvent que quatre de ces angles de modifiés ensemble, fig. 200, les deux autres se modifiant séparément, fig. 199.

Le prisme hexagone qui appartient à ce groupe, fig. 217, se modifie à la fois sur toutes les arêtes latérales, fig. 218, ou bien sur toutes les arêtes des bases, fig. 219, ou enfin sur tous les angles solides, fig. 220 (1).

C'est d'après ces propriétés que le solide donne un grand nombre de parallélipipèdes plus ou moins aigus, directs ou inverses, ainsi que les prismes et les dodécaèdres dont nous avons indiqué la production, § 24 à 26.

§ 41. **Caractères géométriques.** — La mesure des angles fait voir que dans les parallélipipèdes de cette espèce les trois faces qui concourent aux sommets *a* ou *b* sont également inclinées entre elles; de plus, les faces *a* ou *b* produites aux sommets, fig. 212, sont également inclinées sur les trois faces adjacentes. De ces données on conclut que toutes les arêtes du solide sont égales, et, comme en outre on ne trouve aucun angle droit, il en résulte que toutes les faces sont des rhombes égaux, disposés symétri-

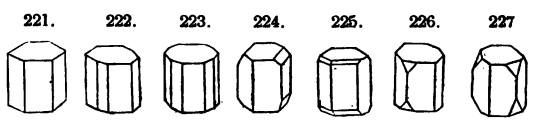
(1) Le prisme hexagone du troisième groupe, fig. 221, se modifie de la manière suivante :

1° Sur deux ou sur quatres arêtes latérales fig. 222, 223;

2° Sur deux ou sur quatre arêtes à chaque base fig. 224, 225;

3° Sur deux ou sur quatre angles solides à chaque base fig. 226, 227.

Dans le quatrième groupe, les modifications latérales se font de même; mais les modifications des bases ne marchent plus que deux par deux.



Digitized by Google

quement autour d'un axe *ab*. Ce solide prend à cause de la forme de ses faces le nom de *rhomboèdre* (1).

Le prisme hexagone a toutes ses faces latérales inclinées entre elles de 120° : c'est le caractère du *prisme hexagone régulier*.

§ 12. **Systèmes cristallins. Réduction des cristaux à six formes.** — Maintenant on doit voir que les six groupes, entre lesquels se partagent toutes les formes, diffèrent essentiellement les uns des autres par toutes les propriétés, physiques et géométriques, des solides qu'ils renferment. Nous n'avons comparé, à la vérité, que les octaèdres, les parallélipipèdes et les prismes à bases d'hexagone ; mais la comparaison se ferait également entre tous les autres solides, et l'on arriverait à des résultats analogues.

Ainsi, dans chaque groupe, toutes les formes composent un système où tout est rigoureusement coordonné, et que l'on ne peut confondre sous aucun rapport avec le système voisin ; c'est pourquoi chacun des groupes est aussi désigné sous le nom de *système cristallin*. Si l'on prend par exemple le parallélipipède pour terme de comparaison, on aura :

1° Le *système cubique*, auquel se rapportent l'alun, le sel commun, le diamant, le grenat, etc.

2° Le *Système prismatique carré*, auquel se rapportent par exemple le minerai d'étain, le calomel, etc.

3° Le *système prismatique rectangulaire*, ou *rhomboïdal, droit*, auquel se rapportent la topaze, le soufre, les sulfates de baryte et de plomb, l'émétique, etc.

4° Le *système prismatique rectangulaire*, ou *rhomboïdal, oblique*, auquel se rapportent la pierre à plâtre, le sulfate de fer ou couperose verte, l'acide oxalique, etc.

5° Le *système prismatique oblique à base de parallélogramme obliquangle*, auquel se rapporte par exemple le sulfate de cuivre ou couperose bleue, le quadroxalate de potasse, l'acide paratartrique, etc.

6° Enfin le *système rhomboédrique*, qu'on observe dans la pierre calcaire, le cristal de roche, l'émeraude, l'azotate de soude, etc.

Maintenant, si nous remarquons que, dans chaque groupe, les différentes formes se déduisent facilement les unes des autres, nous conclurons qu'une forme simple quelconque de chacun d'eux peut être considérée comme type de toutes les autres ; par conséquent toutes les formes cristallines se rattachent à six espèces de solides

(1) Si l'on conçoit un plan qui passe par les trois diagonales placées comme *cd*, fig. 207, on aura un tétraèdre qu'on calculera comme § 30, et pour lequel on trouvera que la base est un triangle équilatéral, et que les arêtes culminantes sont égales.

Digitized by Google

d'un même genre, qui diffèrent par leurs propriétés diverses : six espèces d'octaèdres dont chacun a ses caractères particuliers, ou six espèces de parallélipipèdes, etc. ; seulement on ne pourrait pas dire six espèces de prismes hexagones, puisque les deux premiers groupes ne comportent pas ce genre de formes : il n'y a que dans le système rhomboédrique qu'on pourrait prendre raisonnablement cette forme pour point de départ.

Il suffit donc de se faire une idée nette de six espèces de solides, pour acquérir celle de tous les genres de formes cristallines qu'on peut trouver parmi les corps bruts. Par conséquent aussi, toute la cristallisation d'une substance peut être représentée par une seule forme, convenablement choisie, et bien déterminée quant à ses dimensions relatives. C'est une telle forme qu'on nomme la *forme-type* ou la *forme primitive* de la substance.

Faisons comprendre ce que cela signifie. Tous les solides réguliers sont déterminés par eux-mêmes ; ainsi un cube, un octaèdre régulier, ou un tétraèdre, sont chacun des solides uniques qui n'admettent aucune variété. Mais il peut exister un nombre infini de prismes à bases carrées ou rectangulaires, un nombre infini d'octaèdres à bases carrées, à bases rectangulaires, ou de tétraèdres irréguliers : tout dépend du rapport qu'il peut y avoir entre la longueur de certaines arêtes et celle des arêtes d'une espèce différente. Ainsi, pour donner une idée nette d'un prisme à base carrée, il faut indiquer le rapport entre la hauteur et le côté de la base. Par exemple, dire que la base est 1 et la hauteur 2, 3 ou 4, etc.

Nous donnerons, § 63, un aperçu des moyens qu'on a pour se déterminer sur le choix de la forme-type, et pour établir ses dimensions relatives.

§ 43. **Loi de symétrie.** — Si l'on compare maintenant les caractères physiques des principales formes de chaque groupe avec les caractères géométriques, on arrive à un fait général qu'on a nommé *loi de symétrie ;* savoir : que *dans un cristal toutes les parties de même espèce sont modifiées à la fois et de la même manière ;* ou réciproquement : que *les parties d'espèces différentes se modifient isolément, ou différemment.*

Ainsi, quand toutes les arêtes d'un cristal sont de même espèce, elles restent toutes intactes à la fois ou se modifient toutes à la fois de la même manière. C'est ce qui a lieu dans le cube, dans l'octaèdre régulier, etc.

Quand il y a plusieurs espèces d'arêtes, il y a autant d'espèces de modifications qui peuvent marcher chacune isolément. C'est ce que l'on voit dans les octaèdres à base carrée, à base rectangulaire, etc., ou dans les prismes de ces divers groupes. En effet, s'il y a dans les uns deux espèces d'arêtes, il s'y présente aussi deux espèces de modifications qui peuvent marcher isolément ; et s'il y a trois espèces d'arêtes dans les autres, il s'y trouve de même trois espèces de modifications, etc.

Digitized by Google

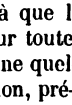
Il faut bien observer que par arêtes de même espèce on n'entend pas seulement des arêtes égales, mais des arêtes qui présentent à la fois le caractère d'égalité et celui de position à la jonction de plans qui font entre eux des angles égaux. Ainsi, dans un prisme rhomboïdal les quatre arêtes latérales sont égales, et cependant elles sont de deux espèces; il y en a deux qui se trouvent à l'intersection de plans réunis sous un angle aigu, tandis que les deux autres se trouvent à la rencontre de plans réunis sous un angle obtus.

On conçoit facilement, d'après cela, que, dans des prismes droits à bases carrées ou à bases rhombes, toutes les arêtes des bases soient de même espèce, puisque les faces qui les forment se rencontrent toutes à angle droit; mais il n'en est plus de même dans les prismes obliques, parce qu'alors il y a des arêtes qui correspondent à des angles dièdres aigus, et d'autres qui correspondent à des angles obtus.

Expliquons aussi ce que signifient les expressions *modifié de la même manière* ou *modifié différemment*. Pour cela il faut prendre la mesure des angles. Par exemple dans un prisme à bases carrées, il arrive souvent que toutes les arêtes, dont il y a cependant deux espèces, se trouvent modifiées à la fois, fig. 230; mais elles le sont différemment. En effet, la mesure des inclinaisons fait voir que chaque facette latérale modifiante est également inclinée sur les deux faces adjacentes; mais chacune des facettes qui modifient les arêtes des bases présente deux sortes d'inclinaisons : l'une, d'un certain angle, sur la base; l'autre, différente, sur la face latérale correspondante. C'est par là que le prisme, ainsi modifié, diffère du cube modifié lui-même sur toutes ses arêtes, fig. 231, qui a la même apparence; car ici, l'une quelconque des facettes modifiantes, quelle que soit sa position, présente toujours la même inclinaison sur les deux faces adjacentes.

230.

231.



Voici, à cet égard, ce que l'observation nous offre toujours : lorsqu'une arête se trouve à l'intersection de deux faces égales, une facette unique qui la remplace est toujours également inclinée sur ces deux faces. Si l'arête se trouve, au contraire, entre deux faces inégales, la facette qui la remplace est toujours inégalement inclinée. C'est ce complément de la loi de symétrie qu'on veut indiquer, en disant que les modifications se font de la même manière ou d'une manière différente.

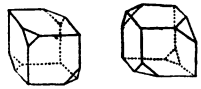
Tout ce que nous avons dit à l'égard des arêtes, il faut l'entendre aussi des angles solides.

Digitized by Google

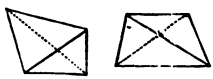
§ 44. **Exceptions apparentes.** — Il y a, cependant, quelques cas où les modifications se font autrement que nous ne venons de l'indiquer, et paraissent dès lors faire exception à la loi de symétrie; mais, suivant l'idée heureuse énoncée par M. Delafosse, ces faits ne sont pas plus des anomalies que les autres, ils nous présentent seulement un nouvel ordre de phénomènes qui complète l'idée qu'on s'était faite des parties de même espèce ou d'espèces différentes dans un cristal. Établissons les faits.

1° Il y a des cristaux (boracite) dont toutes les faces se rencontrent à angle droit, dont les huit angles solides, par conséquent, sont géométriquement indentiques, et qui, néanmoins, ne sont fréquemment modifiés que sur quatre de leurs angles, soit comme fig. 232, soit comme fig. 233, où, aux extrémités de chaque diagonale solide, il se trouve un angle modifié et un angle intact. Cette circonstance conduit, pour le premier cas, à un tétraèdre placé comme fig. 234, et, pour le second, à un tétraèdre placé comme fig. 235.

232. 233.



234. 235.

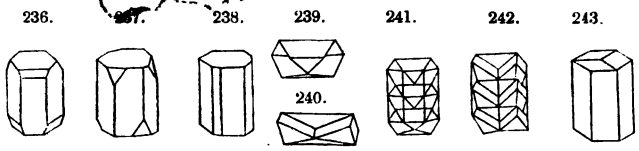


De ce que les angles solides étaient identiques et ne se modifiaient pas tous en même temps, on a conclu qu'il y avait exception à la loi de symétrie. Mais M. Delafosse prend avec raison une conclusion contraire : il pense que si tous les angles sont géométriquement identiques ils ne le sont pas physiquement, et que, sous ce rapport, la loi de symétrie subsiste. Il imagine qu'un tel parallélipipède, au lieu d'être formé de petites molécules semblables, se trouve composé de petits tétraèdres rangés en files de manière qu'une base corresponde à un angle solide et le sommet à l'angle opposé, qui, dès lors, est physiquement d'une espèce contraire au premier : la loi de symétrie, qui reste alors intacte, veut que l'un puisse être modifié sans l'autre.

2° On trouve quelque chose de semblable dans les prismes à bases d'hexagone régulier. Toutes les arêtes latérales sont égales et géométriquement identiques; toutes les arêtes des bases, composant une autre espèce, offrent entre elles la même identité; enfin, tous les angles solides sont égaux. Donc, d'après la loi de symétrie, toutes les arêtes des bases doivent être modifiées en même temps de la même manière; toutes les arêtes latérales doivent être dans le même cas, ainsi que tous les angles solides : c'est, en effet, ce qui existe dans beaucoup de substances, par exemple dans l'émeraude.

Digitized by Google

Mais il y a des corps où les choses se passent autrement. Dans quelques-uns, le prisme hexagone se modifie seulement sur trois arêtes alternatives des bases, fig. 236, ou sur trois angles, fig. 237 (calcaire, rubis, saphir) ; ailleurs, il n'y a de modifications que sur trois arêtes alternes latérales, fig. 238 (tourmaline).



Tout cela a été considéré comme autant d'exceptions a la loi de symétrie ; et cependant, en prenant les structures en considération, on voit que cette loi est parfaitement conservée. Ainsi les prismes qui se modifient sur toutes les parties géométriquement identiques peuvent être considérés comme formés de petites molécules prismatiques de même espèce, ou de prismes triangulaires équilatéraux. Ceux qui ne se modifient que sur la moitié des angles solides ou sur la moitié des arêtes des bases, sont formés de molécules rhomboédriques, modifiés au sommet et sur les parties latérales, fig. 239 ou 240, empilés dans le sens de leur axe, fig. 241 ou 242. Quant aux prismes qui se modifient sur trois des arêtes latérales, on pourrait les considérer, par exemple, comme composés de trois prismes rhomboïdaux de 60° et 120°, fig. 243, dont l'ensemble présenterait alors latéralement trois arêtes d'une espèce, et trois autres physiquement différentes ; il y aurait de même deux espèces d'angles solides sous le rapport physique. Mais pour parvenir ainsi à fixer une forme aux molécules composantes, il faut connaître exactement toutes les propriétés du cristal, afin de les mettre toutes en harmonie par le choix qu'on doit faire, et ce ne peut être que le résultat d'une étude très-approfondie.

3° **Dodécaèdre pentagonal et icosaèdre.** — Il y a des cubes (dans la pyrite et la cobaltine) qui offrent aussi des propriétés telles que leurs arêtes, qui sont toutes modifiées à la fois, et géométriquement de la même manière, offrent, en outre, ce caractère que la facette produite est inégalement inclinée sur les faces adjacentes, d'où il suit que ces faces ne sont pas physiquement identiques ; et, en effet, elles sont souvent striées, comme fig. 244, et de manière que les stries d'une face sont perpendiculaires à celles de l'autre.

Digitized by Google

Quelle que soit la forme moléculaire qui puisse rendre compte de ces différences, la modification des arêtes du cube, fig. 245, par

une seule face, conduit à un polyèdre que nous n'avons pas encore aperçu ; c'est un dodécaèdre pentagonal, fig. 246, dont il n'existe qu'une seule espèce parmi les corps bruts, et qui est caractérisée par des inclinaisons mutuelles d'environ 127° entre certaines faces, et d'environ 143° 30' entre les autres (1).

Ce polyèdre, en se combinant avec les modifications des angles solides du cube, en produit un autre composé de vingt faces triangulaires, fig. 247 : c'est un icosaèdre composé de huit triangles équilatéraux, qui correspondent aux faces de l'octaèdre, et de douze triangles isocèles; en quoi il diffère de l'icosaèdre de la géométrie, dont tous les triangles sont équilatéraux. Il arrive souvent que les faces de l'octaèdre sont fort agrandies par rapport aux autres, et que le solide se présente comme fig. 248. On voit également ici que les arêtes de l'octaèdre ne sont pas toutes de même espèce, puisque les modifications se réduisent à deux à chaque sommet.

§ 45. **Dimorphisme et isomorphisme.** — Il résulte nécessairement de ce que nous venons de voir, que les formes cristallines doivent offrir un puissant moyen de distinction dans les corps bruts qui en sont susceptibles; les uns appartenant alors à un système déterminé, les autres à un système différent : tous offrant d'ailleurs des dimensions relatives particulières d[illegible] les formes primitives qu'il faut adopter pour les représenter.

Cependant il existe deux phénomènes qui restreignent beaucoup l'importance de ces formes : ce sont ceux qu'on désigne sous les noms de *polymorphisme* et d'*isomorphisme*.

Le *polymorphisme* est la faculté que possèdent des substances identiques par leur nature, de cristalliser sous des formes qui appartiennent à des systèmes différents. Jusqu'ici nous ne connaissons positivement que deux sortes de systèmes de cristallisation

(1) Le dodécaèdre pentagonal de la géométrie a toutes ses faces inclinées entre elles de 116° 33' 32"; tous les angles plans sont de 108°. Dans le dodécaèdre pentagonal naturel, il y a deux angles plans de 106° 37', deux de 102° 38, et un de 121° 30'.

Digitized by Google

dans une même substance, et d'après cela le phénomène se désigne généralement sous le nom de *dimorphisme*.

Il existe aujourd'hui plusieurs substances identiques par leur nature, qui cristallisent chacune dans des systèmes différents; mais la plus anciennement connue sous ce rapport est le pierre calcaire, qui, d'un côté, cristallise dans le système rhomboédrique, où elle forme le *spath d'Islande*, et de l'autre, dans le système prismatique rectangulaire droit, où elle forme ce qu'on nomme l'*arragonite*. Il faut observer que ces variations de systèmes cristallins, dans une substance de nature déterminée, entraînent le changement de toutes les autres propriétés physiques : la dureté, le poids spécifique, les caractères optiques, etc., comme nous le verrons en traitant spécialement de ces caractères, § 66 à 84.

L'*isomorphisme* consiste en ce que des corps de diverse nature affectent souvent la même forme, ou du moins des formes du même genre, qui ne diffèrent que par les dimensions relatives de leurs diverses parties. Cette propriété, qu'on avait d'abord crue restreinte au système cubique, et qu'on reconnaît maintenant dans tous les autres, tient à ce que certains corps simples, avec des caractères particuliers qui les distinguent, ont aussi des propriétés communes qui les rapprochent; et entre autres celle de donner la même forme aux composés d'un même ordre qu'ils peuvent former avec des corps déterminés, § 111. C'est ainsi que le soufre et le sélénium produisent des corps identiques par la forme, en se combinant avec le plomb, l'argent, le zinc, etc.; que les oxydes de fer, de manganèse, de chrome, d'aluminium, etc., présentent une série de corps identiques à tel degré d'oxydation, une autre série à un degré différent, et qu'en se combinant alors avec un acide en composés d'un certain ordre ils constituent aussi des sels qui se ressemblent complétement sous ce rapport.

Il résulte de ces observations que, de quelque importance que soient les formes cristallines, elles ne suffiront jamais pour identifier certains corps et pour en distinguer d'autres.

Causes des variations des formes dans chaque système, et des changements de système.

§ 46. **Variations dans un même système.** — S'il est évident que dans chaque système cristallin il peut exister des formes très-variées, on se demande naturellement comment il se fait qu'un même corps, en cristallisant, puisse prendre tantôt une de ces formes, tantôt l'autre. Cette question m'a conduit autrefois à faire

Digitized by Google

beaucoup de recherches sur les sels qu'on peut dissoudre et faire cristalliser à volonté. J'en ai tiré ce fait général, que ces variations dépendent de la nature du liquide qui sert de dissolvant, des matières qu'il peut renfermer en même temps que celles qui cristallisent, ou de la température à laquelle la cristallisation se fait. En voici des exemples.

Résultats de laboratoire. — L'alun du commerce, épuré par plusieurs cristallisations successives, finit par donner, dans l'eau pure, des octaèdres très-nets, et complets dans toutes leurs parties. Mais si à une telle solution on ajoute quelque autre sel, quelque acide ou quelque base, on obtient des cristaux modifiés ou même entièrement différents. Avec l'acide azotique, les quatre angles solides de l'octaèdre sont chacun remplacés par une face. Avec l'acide hydrochlorique, on obtient les facettes qui conduisent à l'icosaèdre. L'acide borique détermine la formation de cristaux cubiques ; quelques gouttes de carbonate de potasse ou d'ammoniaque, ou même un carbonate en poudre agité dans la liqueur, produisent le même résultat. Une solution saturée à 100° ne produit en refroidissant que des cristaux octaèdres ; mais saturée en vase clos à des températures plus élevées, elle donne lieu à des dodécaèdres rhomboïdaux et à des trapézoèdres.

On peut donc obtenir de l'alun sous des formes très-variées, qui tiennent entièrement aux circonstances dans lesquelles ce corps a cristallisé. Tous les autres sels présentent des modifications analogues quand on fait convenablement varier la nature du liquide et la température.

Circonstances analogues dans les minéraux. — Les cristaux naturels présentent des variations qui semblent indiquer des circonstances analogues à celles que nous venons de citer. En effet, les formes d'un même minéral sont différentes suivant la nature des substances qui l'accompagnent, et par conséquent avec lesquelles il a cristallisé, à tel point que depuis long-temps les minéralogistes reconnaissent les localités de certains minéraux par les formes seules qu'ils présentent. C'est ainsi qu'ils distinguent le calcaire cristallisé du Harz de celui du Derbyshire, les cristaux de cette substance qui proviennent des montagnes calcaires de ceux des filons ou des différents gîtes métallifères ; le minerai de fer cristallisé de l'île d'Elbe de celui de Framont, dans les Vosges ; l'arragonite des mines de fer qui est en cristaux simples, de celle qu'on trouve dans les argiles des terrains salifères, où elle offre les groupes prismatiques que nous allons bientôt décrire, § 49. Enfin, nous pourrions citer un grand nombre d'espèces qui varient de même

Digitized by Google

suivant les positions et les matières accompagnantes, si nous ne craignions de nommer trop de corps avant de les avoir fait connaître.

§ 47. **Changement de système.** — Le dimorphisme paraît tenir également aux circonstances extérieures dans lesquelles se fait la cristallisation. Ainsi le soufre dissous dans le sulfure de soufre donne, par l'évaporation, des cristaux en octaèdre rhomboïdal droit ; mais le soufre fondu cristallise, par refroidissement, dans le système prismatique oblique. Le cuivre, qui se précipite d'une solution saline sur une lame de fer, offre des cristaux du système cubique, et le cuivre fondu cristallise dans le système rectangulaire. Le sel commun, qui dans l'eau cristallise en cube, m'a paru donner, par la fusion, des octaèdres rhomboïdaux ; mais la masse, après peu de temps, se remplit de fissures parallèles aux faces du cube. Des solutions préalablement saturées de certains sels peu cristallisables, dans lesquelles on en fait ensuite dissoudre un qui cristallise promptement, forcent ce dernier à prendre les formes qui conviennent à l'autre.

Il est à remarquer que, sous les formes extraordinaires qu'une substance est ainsi susceptible d'admettre, l'arrangement ne se trouve pas à un état d'équilibre stable ; ainsi, les sels qu'on a forcés de cristalliser sous une forme qu'ils ne prennent pas ordinairement, tombent très-promptement en poussière ; les matières fondues qui n'ont pas un très-haut degré de cohésion se remplissent promptement de fissures, qui indiquent un changement intérieur de cristallisation : l'arragonite ne résiste pas à la chaleur rouge comme le spath d'Islande, car à peine est-elle chauffée qu'elle se boursoufle et se désagrège. Il suffit souvent d'une élévation de température pour changer toute la structure intérieure d'un corps sans même qu'aucune variation se manifeste au dehors : on ne s'en aperçoit alors que par des fissures intérieures régulièrement placées, ou par le changement des propriétés optiques.

Observations sur l'isomorphisme. — L'isomorphisme a souvent aussi quelque chose qui tient aux circonstances extérieures : c'est ce qui a lieu dans les sels qui renferment de l'eau dans leur composition. La quantité de ce liquide varie en général suivant la température à laquelle la cristallisation se fait, et une quantité déterminée se combine pour un sel à une température fixe, et pour un autre à une température différente. Or, il n'y a isomorphisme que pour des compositions identiques ; par conséquent deux sels hydratés sont ou ne sont pas isomorphes, suivant qu'ils ont cristallisés ou non à la température qui convient dans ce cas à chacun d'eux. La présence d'un autre sel dans la solution facilite souvent

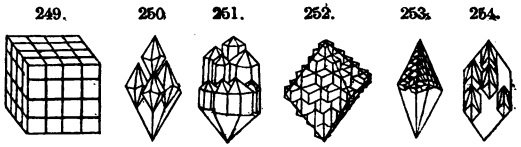
Digitized by Google

aussi la combinaison de l'eau dans des proportions déterminées : c'est ainsi que le sulfate de cuivre du commerce, lorsque la solution renferme du sulfate de fer, prend la forme de ce dernier, et par conséquent une quantité d'eau différente de celle qu'il contient ordinairement.

Cristaux groupés.

§ 48. **Groupes divers.** — Les cristaux sont quelquefois isolés, mais le plus souvent ils sont groupés entre eux de diverses manières, tantôt régulièrement, tantôt au hasard.

Les groupes sont réguliers toutes les fois que les cristaux se réunissent par leurs faces homologues : il en résulte tantôt des cristaux plus volumineux, de même forme que chacun des petits cristaux composants, tantôt des cristaux complétement différents. C'est ainsi que de petits cristaux cubiques, scalénoèdres, prismatiques pyramidés, etc., constituent de gros cristaux de même espèce, fig. 249 à 251, ou bien des cristaux très-différents, fig. 252 à 254. La plupart des gros cristaux montrent clairement qu'ils sont ainsi formés ; souvent une de leurs parties est parfaitement nette, tandis que sur l'autre on aperçoit l'échafaudage grossier qui les constitue.



Groupe de prismes rhomboïdaux. — Les prismes à bases rhombes sont très-sujets à se grouper, et produisent, dans quelques substances (arragonite, céruse), des cristaux composés très-remarquables.

1° Deux prismes se réunissent par les arêtes latérales, fig. 255, et l'intervalle se remplit par des demi-prismes de la même espèce ; d'où résulte un groupe hexagone qui a deux angles opposés *a* d'une espèce, et quatre angles *b* d'une autre.

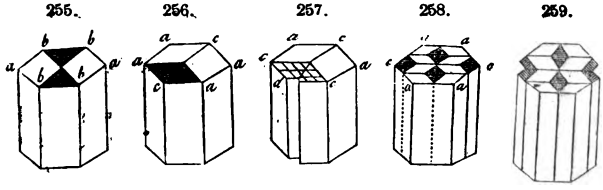
2° Deux prismes s'accolent par les faces, fig. 256, et l'intervalle se remplit par un prisme dérivé du premier, d'où résulte un autre prisme hexagone qui a quatre angles *a* de l'espèce précédente, et deux angles *c* d'une autre espèce.

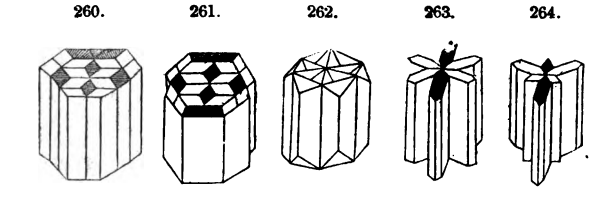
Quelquefois l'intervalle se remplit de petits cristaux de même espèce qui viennent se presser sur une ligne moyenne, et laissent

Digitized by Google

entre eux un angle rentrant, *d*, fig. 257 ; d'où résulte un prisme qui a deux angles de l'espèce *a*, trois de l'espèce *c*, et enfin l'angle rentrant *d*.

3° Il arrive aussi que les prismes se réunissent d'une manière encore plus compliquée, comme fig. 258, où l'on voit deux des groupes, fig. 256, et quatre cristaux en dehors, qui laissent entre eux des intervalles remplis par des prismes dérivés. Les prismes hexagones résultants ont quatre angles de l'espèce *a* et deux de l'espèce *c*. Quelquefois ce sont les groupes, fig. 257, qui se réunissent, et l'ensemble, fig. 259, présente deux angles rentrants.





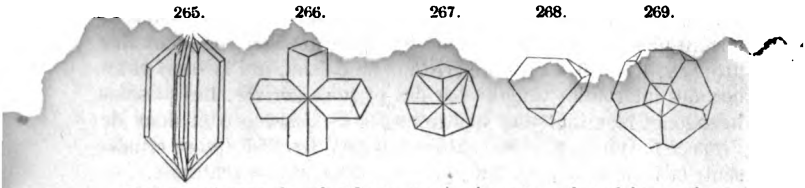
4° Autour du groupe précédent il se réunit souvent encore des cristaux, soit d'un seul côté, fig. 260, soit des deux à la fois, fig. 261 ; dans l'un et l'autre cas l'ensemble prismatique offre des angles rentrants. Il se fait enfin des groupements tellement compliqués qu'on ne peut plus les décrire.

Dans ces divers cas les prismes réunis sont tantôt simples à leurs sommets, tantôt modifiés de diverses manières. Dans le premier, les groupes résultants ont des bases assez nettement terminées, quoique striées dans différents sens. Dans le second, les modifications des prismes élémentaires se dessinent en creux et en relief sur les bases du groupe, fig. 262.

5° Les prismes élémentaires qui se réunissent sont quelquefois modifiés profondément sur les arêtes latérales ; il en résulte la configuration fig. 263, si tous les prismes ont la même étendue, ou fig. 264, si trois d'entre eux restent très-petits. Lorsque les prismes

Digitized by Google

sont modifiés à leurs sommets, il en résulte une sorte de carcasse de prisme pyramidé, fig. 265.



6° Les prismes rhomboïdaux se réunissent quelquefois aussi par les modifications de leurs sommets ; c'est ainsi que dans la *staurotide* (croisette) il s'en réunit quatre pour former une croix rectangulaire, fig. 266 ou 267. On trouve des choses analogues dans les prismes à bases carrées ou rectangulaires.

Groupes d'octaèdres. — Les octaèdres, en se réunissant, produisent aussi des groupes de divers genres : par exemple, certains octaèdres, déformés par l'élargissement de quelques-unes de leurs faces relativement aux autres, fig. 268, pourraient, en se réunissant, produire un groupe complet, fig. 269, qui présente une double pyramide pentagonale, creusée au sommet, et avec des angles rentrants sur ses angles latéraux.

On doit concevoir que cette pyramide n'est complète et régulière que dans le cas où les faces par lesquelles les octaèdres se groupent sont inclinées entre elles de 72° : pour des angles plus petits, jusqu'à 60°, il reste un vide qui se remplit irrégulièrement ; pour des angles plus grands, il ne peut se réunir que quatre cristaux, qui laissent un vide entre eux tant qu'ils n'atteignent pas l'inclinaison de 90°.

Transposition, hémitropie.

§ 49. **Dans les octaèdres.** — Il y a des groupements qui se font entre deux cristaux avec des circonstances particulières ; les choses se passent comme si un cristal unique avait été coupé en deux, et qu'une moitié eût fait un sixième de révolution, ou même une demi-révolution sur l'autre : c'est ce qu'on nomme ***transposition*** pour le premier cas, et ***hémitropie*** (moitié de révolution) pour le second. Ces sortes de groupements prennent fréquemment le nom de ***macles***, qu'on donne souvent aussi aux groupes précédents.

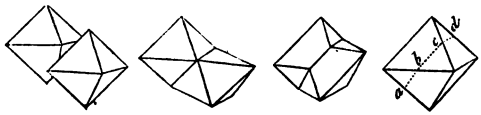
Si deux octaèdres se réunissaient, comme fig. 270, les différentes faces de l'un se trouveraient sur des plans parallèles à celles de l'autre ; mais alors les sommets déborderaient d'une face sur

Digitized by Google

l'autre. Il n'y a de régularité qu'autant que les arêtes de même espèce coïncident entre elles, comme fig. 271, et dès lors il faut que l'un des solides fasse un mouvement de 60° sur l'autre, c'est-à-dire d'un sixième de circonférence : il y a alors une transposition.

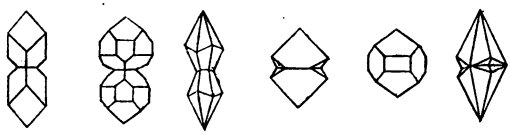
Si les deux octaèdres en se réunissant conservaient toutes leurs faces bien proportionnées, on reconnaîtrait immédiatement qu'il y a groupement; mais il n'en est pas ainsi : le plan de jonction s'étend considérablement (1) et le groupe se présente comme fig. 272. C'est alors qu'on reconnaît que les choses se passent comme si le cristal, fig. 273, avait été coupé, entre deux faces opposées, par un plan parallèle, *a b c d*, et qu'une moitié eût tourné sur l'autre.

270. 271. 272. 273.



Groupes de rhomboèdres et de scalénoèdres. — Dans tous les systèmes il y a des groupements analogues. Les rhomboèdres, ou les prismes qui les présentent à leurs sommets, les scalénoèdres, etc., se réunissent souvent deux à deux par des plans perpendiculaires à l'axe, fig. 274 à 276; mais les plans de jonction étant très-étendus, ces groupes se présentent comme fig. 277 à 279, et les choses se passent comme si les solides complets, fig. 281 à 282, avaient été coupés par un plan, *a b c d*, perpendiculaire à l'axe, et qu'une des parties eût tourné d'un sixième de circonférence sur l'autre.

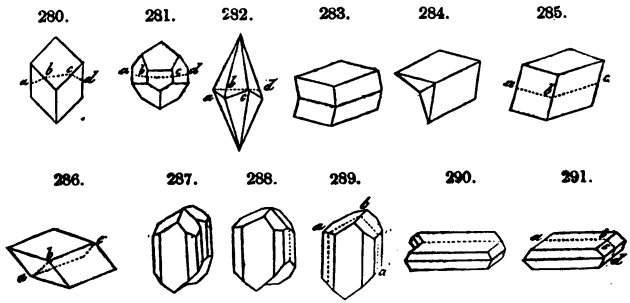
274. 275. 276. 277. 278. 279.



(1) Cette extension tient à l'accroissement qui se fait après la première réunion des deux petits solides. Par exemple, on conçoit que deux petits solides *a* et *b* se réunissent par le sommet, et alors le plan de jonction sera un point mathématique. Mais si le groupe s'accroît par des couches qui l'enveloppent de toutes parts, le plan de jonction s'étendra successivement, et l'ensemble prendra une forme telle qu'on n'y reconnaîtra plus les formes composantes.

Digitized by Google

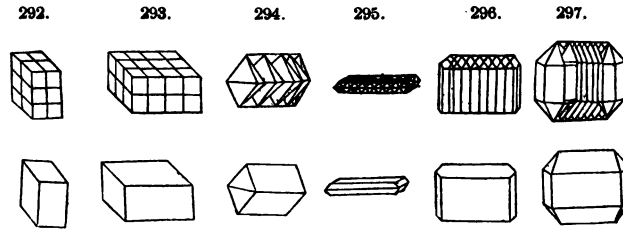
Lorsque les réunions se font par des plans obliques ou parallèles à l'axe, il y a demi-révolution. Ainsi, les prismes obliques, les rhomboèdres, réunis par leurs faces, ou par des faces produites sur les arêtes, donnent des groupes, fig. 283, 284, où les choses se passent comme si les solides, fig. 285 et 286, avaient été coupés par les plans *a b c*, et qu'une moitié eût fait une demi-révolution sur l'autre.



Groupes de prismes. — Les prismes divers se groupent souvent aussi en sens inverse, par exemple fig. 287; mais, par suite de l'extension du plan de jonction, le groupe se présente comme fig. 288, et les choses se passent comme si un cristal, fig. 289, avait été coupé par un plan *a b c d*, et qu'une moitié eût fait une demi-révolution sur l'autre. C'est encore la même chose dans le groupe fig. 290, qui provient du solide fig. 291.

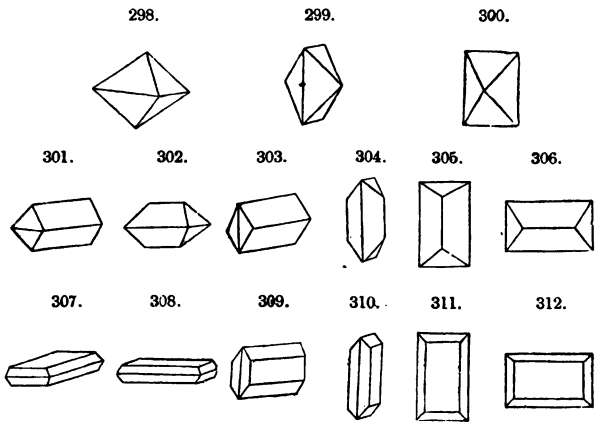
Cristaux déformés et oblitérés.

§ 50. **Cristaux élargis ou allongés.** — Il arrive souvent que les groupements s'étendent plus d'un côté que d'un autre, et dès



Digitized by Google

lors le cristal résultant prend aussi plus d'extension par certaines faces que par d'autres. C'est ainsi que des cubes peuvent se grouper de manière que le solide prenne l'aspect d'un prisme carré ou rectangulaire, fig. 292 ou 293, mais sans en prendre les propriétés caractéristiques ; que des octaèdres, simples ou basés, s'allongent dans un sens ou dans l'autre, fig. 294 et 295 ; que des prismes simples ou pyramidés se présentent comme des plaques, fig. 296 ou 297, simples ou modifiées. Des cristaux prismatiques s'allongent de même en se plaçant les uns au bout des autres de manière à prendre la forme capillaire, etc. C'est toujours par des groupements que les cristaux se trouvent allongés ou élargis, ce que l'on remarque surtout dans les systèmes prismatiques, et particulièrement dans leurs octaèdres, soit simples, soit modifiés. Ainsi les octaèdres, fig. 298 à 300, s'allongent dans un sens ou dans l'autre, et se présentent comme fig. 301 et 302, 303 et 304, 305 et 306. Dans cet état, ils se modifient comme quand ils sont régulièrement proportionnés ; et de là les configurations tabulaires, fig. 307 à 312, qui résultent des groupements de petits cristaux, comme fig. 295 à 297.



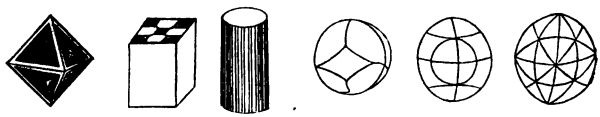
Cristaux à faces creuses. — Il existe aussi un autre genre de difformité dans les cristaux : souvent il arrive que les arêtes seules sont nettement constituées, fig. 313, et que les faces sont irrégulières, creusées même jusqu'au centre du solide. Cet effet se produit souvent dans nos laboratoires, lorsque des solutions très-con-

Digitized by Google

centrées cristallisent avec rapidité. On l'obtient constamment aussi en faisant cristalliser une solution concentrée dans une matière pulvérulente un peu lourde. C'est probablement de cette dernière manière que la chose a lieu dans la nature; car tous les cristaux qui offrent cette particularité se trouvent au milieu des sables et des argiles, où ils se sont évidemment formés.

Macle de Bretagne. — Cette observation nous conduit à un autre fait qui se produit dans des circonstances analogues : si la matière pulvérulente au milieu de laquelle la cristallisation a lieu est légère, elle est enveloppée dans l'intérieur du cristal et se place géométriquement dans des directions qui dépendent de la forme de ce polyèdre. C'est aussi ce qu'on voit dans plusieurs substances naturelles formées au milieu de certains dépôts. Une des plus remarquables est celle qu'on a désignée sous le nom de *Macle*, fig. 314, et qu'on a trouvée d'abord en Bretagne, au milieu de ce qu'on nomme les schistes micacés. La matière noire de ces schistes s'est placée au centre du cristal, ou bien vers les angles, et aussi suivant les diagonales. Il y a beaucoup d'autres matières qui sont dans le même cas, telles que le *grenat*, l'*amphigène*, la *trémolite*, etc.

313. 314. 315. 316. 317. 318.



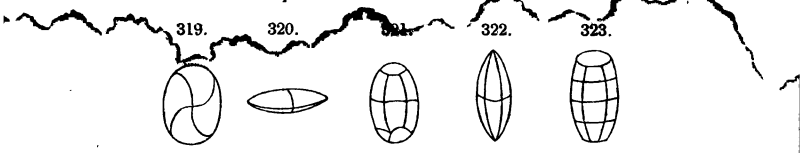
§ 51. **Cristaux arrondis.** — Il arrive souvent aussi que les cristaux sont oblitérés; que leurs faces, leurs arêtes, leurs angles, s'arrondissent et n'offrent plus cette régularité sous laquelle nous les avons jusqu'à présent étudiés. Les prismes hexagones ou octogones, dodécagones, présentent des configurations *cylindroïdes*, fig. 315, chargées sur la longueur de stries, parmi lesquelles on remarque çà et là quelques plans unis qui semblent indiquer que c'est à la multiplicité des facettes qu'on doit ce résultat.

Les dodécaèdres rhomboïdaux, les trapézoèdres, etc., produisent fréquemment des configurations *sphéroïdes*, fig. 316 à 318, dont le diamant et le grenat nous présentent surtout des exemples : presque toujours les faces et les arêtes de ces corps sont plus ou moins bombées et curvilignes.

Les rhomboèdres obtus, certains octaèdres aplatis, en général les solides surbaissés, prennent en se déformant des configurations *lenticulaires*, fig. 319, 320 ; les scalénoèdres ou les différents dodé-

Digitized by Google

caèdres prennent des configurations *séminiformes*, *doliformes*, etc., fig. 321 à 323 : les calcaires surtout nous en offrent de fréquents exemples. En général il existe une multitude de ces formes arrondies dans toutes les espèces de cristaux.



§ 52. Les oblitérations paraissent assez souvent dues à la multiplicité des facettes sur les angles solides ou sur les arêtes ; mais il paraît aussi y avoir d'autres causes. Dans nos laboratoires il faut, pour obtenir des cristaux réguliers, que la solution soit concentrée à point et que la liqueur n'éprouve aucun trouble de la part des agents extérieurs ; autrement tous les cristaux s'accumulent les uns sur les autres, et il en résulte soit une masse irrégulière, soit des cristaux élargis dans un sens ou dans l'autre. Pour que les cristaux déjà formés continuent à s'accroître régulièrement, il faut que l'évaporation se continue avec une rapidité convenable ; si le degré de concentration reste stationnaire, et, plus encore, si la liqueur attire l'eau d'une atmosphère humide, les cristaux formés sont attaqués : ils s'arrondissent alors sur les arêtes et sur les angles, et deviennent rugueux à la surface.

CONFIGURATIONS ACCIDENTELLES.

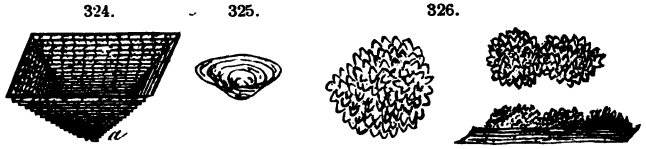
§ 53. **Trémies**. — Nous arrivons maintenant à des formes où la tendance des molécules matérielles à se réunir géométriquement est plus ou moins interrompue par des causes extérieures. La matière s'agrège alors sous des configurations irrégulières, qu'on peut regarder comme purement accidentelles relativement à celles dont nous venons de nous occuper.

Parmi ces formes, nous devons compter les *trémies*, fig. 324, qui tiennent encore à la cristallisation, parce qu'elles sont composées de cristaux, mais dont les circonstances étrangères règlent le groupement. Les trémies sont des pyramides creuses, composées de diverses zones de cristaux qui vont successivement en diminuant de la base au sommet. Elles se forment principalement à la surface des chaudières d'évaporation, dans les ateliers où l'on prépare les sels en grand. On voit d'abord apparaître à la surface du liquide un petit cristal, *a*, qui s'enfonce plus ou moins suivant son poids spé-

Digitized by Google

cifique, comparativement à la densité du liquide. La partie de ce cristal qui se trouve à la surface devient un centre autour duquel il se forme d'autres petits cristaux, qui s'arrangent en forme de cadres sur les bords du premier. La masse s'enfonce alors davantage, et il se forme un nouveau cadre, puis un troisième, un quatrième, etc. Enfin il en résulte la pyramide creuse dont nous parlons, et dont l'angle dépend de la densité du liquide où elle s'est formée.

C'est de la même manière que se forment certains cornets calcaires, fig. 325, à la surface des eaux chargées de carbonate de chaux, qui séjournent dans des cavités souterraines très-aérées.



§ 54. **Forme par groupement. Rognons et mamelons cristallins.** — Si les cristaux se groupent souvent d'une manière régulière, il arrive fréquemment aussi qu'ils se réunissent au hasard, et donnent alors des masses arrondies, ovoïdes, noueuses, tuberculeuses, etc., fig. 326, dont la surfaces est hérissée de cristaux, qu'on voit se prolonger dans l'intérieur, en se déformant par leur pression mutuelle, et qui donnent lieu à une structure radiée.

Quelquefois le groupement produit des demi-globules qui se placent à la surface des autres corps, et forment alors ce qu'on nomme la *configuration mamelonnée*, hérissée de cristaux. Ces mamelons présentent quelquefois des formes lenticlaires, ce qui a lieu surtout dans le groupement de certains cristaux tabulaires (sulfate de baryte, prehnite, etc.).

Ces groupements en boules isolées de toutes parts ont probablement pour cause la résistance des milieux dans lesquels la cristallisation se fait. En effet, lorsque nous imbibons une matière terreuse assez légère d'une solution saline concentrée, il s'y forme soit des cristaux isolés, soit des groupes sphéroïdaux de cristaux. Les groupes naturels paraissent être formés de même, car on les trouve toujours isolés dans des matières terreuses.

Dendrites. — Les *dendrites* sont aussi des groupements irréguliers de cristaux (argent, cuivre, etc.) : il en est qui sont saillants de toutes parts, fig. 327 ; d'autres où les cristaux étendus à la surface des autres corps se dessinent légèrement en relief, comme la glace à la surface des vitres pendant l'hiver.

Digitized by Google

C'est probablement de la même manière que se forment certains dessins dendritiques, ou *herborisations*, ordinairement noirs ou jaunâtres, qui n'ont pas d'épaisseur sensible, et qu'on trouve le plus souvent entre les feuillets de diverses matières, ou dans des fissures très-étroites, dont les parties viennent à se détacher. Quelquefois ces dendrites pénètrent dans tout l'intérieur de la masse des corps, et c'est alors qu'on les a désignés sous le nom de *dendrites profondes*, en donnant aux autres, par opposition, le nom de *dendrites superficielles*. Les configurations *spiculaires* ne sont que des variétés de dendrites formées par des cristaux aigus, qui appartiennent la plupart au groupe rhomboédrique.

Configuration coralloïde. — Ces dispositions ne sont encore que des dendrites d'une nouvelle espèce : elles sont produites par la réunion de petits cristaux capillaires qui se disposent comme autour d'un axe, et dont il résulte des espèces de rameaux arrondis, entrelacés de toutes les manières, qu'on peut comparer aux branches du corail, tant par leur forme que par la manière dont ils s'anastomosent. Ces dispositions, fig. 328, se forment ordinairement sur les parois latérales ou inférieures des cavités souterraines.

Les configurations dendritiques se manifestent dans nos laboratoires de diverses manières. Par la fusion et par la volatilisation, il arrive fréquemment que les cristaux se réunissent ainsi. Dans les solutions aqueuses peu concentrées, et dont une atmosphère humide retarde l'évaporation, ou même auxquelles elle apporte constamment de nouvelle eau, on voit les sels grimper sur les parois des vases par un effet d'action capillaire ; ils y forment alors des végétations cristallines, qui se ramifient de diverses manières, surtout lorsque la substance, parvenue au haut du vase, commence à se porter au dehors. Les cristaux sont alors plus ou moins déformés, et leurs groupements se rapprochent surtout des configurations coralloïdes.

327. 328. 329.

Digitized by Google

§ 55. **Résultats du mouvement des eaux. Stalactites. Stalagmites.** — Le mouvement imprimé au liquide au moment de la consolidation des matières qu'il tient en solution détruit complétement la cristallisation et produit des formes qui en sont indépendantes : c'est ce qui a lieu dans les *stalactites* et dans les *pisolites*.

La stalactite est une masse configurée en cône plus ou moins allongé, tantôt pleine, tantôt creuse à l'intérieur, et dont la surface est lisse, onduleuse ou tuberculeuse. Elle se forme de haut en bas à la paroi supérieure des cavités souterraines par le suintement des eaux chargées de matières en solution. Les premières gouttelettes *a*, qui arrivent à la voûte de la cavité, fig. 329, laissent en s'évaporant, un petit anneau de matière solide, qui s'accroît par les gouttelettes suivantes, et forme bientôt un tube mince. Les parois de ce tube se couvrent de nouvelles matières à mesure que le liquide passe sur elles ; mais l'intérieur, dont l'espace est limité, se remplit promptement, et l'extérieur seul prend de l'accroissement : il en prend davantage à la partie supérieure, où le liquide commence toujours par déposer avant d'arriver plus bas ; et de là la forme conique de la masse après quelque temps.

Les gouttes qui tombent sur le sol, en se détachant de la stalactite, y forment encore un autre dépôt, car elles ne sont pas entièrement privées de particules matérielles. Ce dépôt, qu'on nomme *stalagmite*, s'accroît surtout sous la verticale, et il en résulte une protubérance, qui finit souvent par se joindre à la stalactite : de là des colonnes qui semblent placées tout exprès pour soutenir la voûte.

Les suintements qui se font sur les parois latérales donnent lieu à des dépôts saillants, isolés, en nappes ondulées, festonnées et plissées de toutes les manières, qui représentent des draperies : c'est par suite de ces dispositions qu'on leur a donné le nom de *panniformes*.

Ces différents effets se manifestent surtout en grand dans les cavernes, ou grottes, des montagnes calcaires, qui attirent partout l'attention des curieux.

Pisolites. — Les *pisolites* sont des globules isolés, formés de couches concentriques, qui sont produits par des eaux chargées de matières étrangères en solution, et douées d'un mouvement capable de soulever continuellement les grains de sable déposés sur leur passage. Chacun des grains soulevés se recouvre de tous côtés de pellicules successives de la matière que le liquide dépose, et s'accroît ainsi en prenant la forme sphéroïde, fig. 330, jusqu'à ce que, devenu trop lourd pour être mis en mouvement, il tombe au fond du liquide, où plus tard toute la masse se trouve agglutinée. Très-fréquem-

330.

Digitized by Google

ment chaque pisolite renferme à son centre un grain de matière étrangère ; mais on conçoit que ce n'est pas là une condition essentielle, et que le grain initial peut être une particule même de la substance préalablement formée. Les eaux de Vichy en Auvergne, de Karlsbad en Bohême, de Saint-Philippe en Toscane, etc., nous présentent habituellement ce phénomène.

Cailloux roulés. — Les eaux en mouvement produisent aussi sur les matières qu'elles arrachent aux montagnes, et qu'elles charrient, un *grenaillement* qui les arrondit ; de là l'origine des cailloux roulés, sous la forme desquels un grand nombre de substances se présentent : circonstance qu'il ne faut confondre ni avec les pisolites, ni avec les cristaux arrondis dont nous avons parlé.

§ 56. **Résistance des milieux. Bombes volcaniques.** — La résistance des milieux dans lesquels les matières se consolident conduit aussi à des formes arrondies, noueuses, tuberculeuses, etc., quelquefois capillaires. C'est ainsi que les matières volcaniques, en coulant sur la pente des montagnes, y forment des espèces de stalactites et des scories torses : les portions de matières fondues lancées dans les airs y prennent des formes arrondies, qu'on a nommées *bombes volcaniques ;* et quelquefois, lorsqu'elles sont à l'état de fusion complète, elles s'y divisent en une multitude de filaments capillaires (verre capillaire de l'île Bourbon).

Rognons simples. — Les substances qui se consolident au milieu des matières molles doivent aussi à leur résistance des configurations réniformes, lisses à la surface lorsque la matière ne cristallise pas, et hérissées de cristaux lorsqu'elle possède cette propriété. Le premier cas se fait remarquer, par exemple, dans les *silex de la craie ;* le second dans beaucoup de matières diverses, comme dans les groupements en boule que nous avons cités § 54.

Géodes. — Quelquefois les rognons de silex, comme aussi de plusieurs autres matières, sont creux à l'intérieur, et on leur donne le nom de *géodes*. La cavité est assez souvent tapissée de cristaux ou de stalactites, ou remplie de matière pulvérulente ; celle-ci, en se desséchant, subit souvent un retrait qui la sépare des parois de la cavité, où dès lors elle peut remuer : c'est ce qu'on a remarqué surtout dans certains minerais de fer, dont les rognons ont été nommés *pierres d'aigle*.

§ 57. **Filets capillaires.** — Si les cristaux, en s'allongeant considérablement, peuvent devenir capillaires, il existe aussi des filaments qui ne présentent aucune régularité et qui se forment accidentellement. D'abord on trouve des filets métalliques dans les cellules de certaines scories de nos usines, et l'on peut en expliquer

Digitized by Google

facilement la présence. Ces scories sont des matières vitreuses, qui se consolidant plus vite que les globules métalliques liquides qu'elles renferment, et diminuant alors de volume, pressent fortement sur le métal et le forcent à s'échapper dans les cellules vides voisines, à travers les pores qui se sont formés, et par lesquels il est configuré en filaments. C'est probablement ainsi que se sont formés les filaments d'argent et de cuivre, de sulfure d'argent, etc., qu'on trouve dans le sein de la terre.

Il se fait aussi quelque chose d'analogue par la voie humide. Si une solution se trouve enfermée dans un vase poreux, il se forme bientôt à la surface extérieure une multitude de petits filaments de la matière dissoute. Dans ce cas, on conçoit qu'il arrive par chacun des pores une gouttelette liquide qui dépose une molécule de matière en s'évaporant; une autre gouttelette dépose une nouvelle molécule sous la première, qui est alors poussée en avant, etc., et de cette manière il se forme bientôt un filet de plus en plus long. On reconnaît que c'est bien par la partie inférieure que ce filet s'accroît, en colorant son extrémité au moment où il commence à paraître. Le sel marin, la pierre à plâtre, la pierre calcaire, etc., nous offrent des filaments qui doivent être produits de cette manière.

§ 58. **Formes par agglutination.** — Lorsqu'un liquide chargé de matière en solution vient à passer ou à séjourner dans des dépôts de matières meubles, il en consolide souvent une partie plus ou moins considérable, sous des configurations stalactitiques, réniformes, ou même sous les formes cristallines propres à la substance qu'il renferme. Le plus bel exemple de cette circonstance est celui que nous offrent les sables qui font partie des grès de Fontainebleau, ou des environs d'Apt en Provence. Des eaux chargées de carbonate de chaux, en s'infiltrant dans ces sables, les agglutinent de diverses manières, et fréquemment sous la forme de rhomboèdres aigus, fig. 331, quelquefois isolés, et le plus souvent groupés les uns sur les autres. Ce qui prouve que c'est bien à cette substance que la configuration est due, c'est que par l'action de l'acide nitrique tout le calcaire est enlevé, et que le sable reprend la forme pulvérulente. Beaucoup d'autres matières, telles que des argiles ferrugineuses, des oxydes de fer, certaines matières vertes nommées *chlorites*, ont de même été fréquemment entraînées par la cristallisation de diverses substances qui se sont formées au milieu d'elles; mais le plus souvent alors c'est la matière cristalline qui domine, tandis que dans l'exemple précédent la matière calcaire ne va quelquefois pas à vingt pour cent.

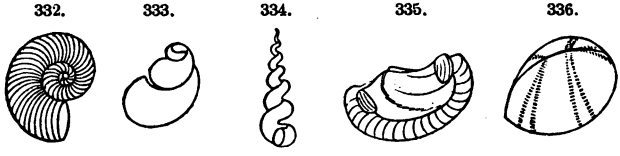
331.

Digitized by Google

§ 59. **Formes par incrustation.** — Les eaux chargées de matières en solution déposent souvent ces matières sur les plantes, les animaux, les pierres, qui se trouvent sur leur passage, et les enduisent d'une couche pierreuse plus ou moins épaisse, qui en conserve grossièrement la forme extérieure. C'est ce qui a lieu fréquemment par les eaux qui sourdent des montagnes calcaires, qui sont chargées de carbonates de chaux. Plusieurs sources, en France et ailleurs, se trouvant à la portée des routes, sont particulièrement renommées pour ces effets, et les paysans ont soin d'y placer des nids d'oiseaux, de petits paniers de fruits, etc., qui s'incrustent très-promptement, et qu'ils vendent aux curieux sous le nom fort impropre de pétrifications. On a profité d'une autre manière de ces eaux incrustantes aux bains de Saint-Philippe, en Toscane, en les faisant jaillir sur des moules exécutés avec soin. La matière calcaire, qui est ici très-pure et très-blanche, se dépose dans ces moules, en reçoit l'empreinte, et présente des bas-reliefs très-nets de véritable marbre.

On trouve fréquemment aussi des incrustations purement cristallines. Ce sont de petits cristaux symétriquement arrangés à la surface d'autres corps cristallisés, qu'ils recouvrent en totalité. Souvent les substances qui ont servi de support se trouvent accidentellement enlevées, et il ne reste que des carcasses creuses formées par la matière qui les a incrustées.

§ 60. **Formes par moulage.** — Dans un grand nombre de cas, les formes que présentent les matières brutes sont le résultat d'un moulage dans des cavités préexistantes. Ici, ce sont des cavités produites par la destruction de certains cristaux, et remplies après coup de matières étrangères, qui offrent alors la configuration régulière d'autres minéraux ; là, ce sont des cellules arrondies, remplies en tout ou en partie d'une matière ou d'une autre, qui présentent encore les configurations réniformes, amygdaloïdes, etc. ; ailleurs, ce sont les cavités de divers corps organisés en fouis dans le sein de la terre, telles que des coquilles univalves, fig. 332 à 334, ou bivalves, fig. 335 ; ou quelques échinides, fig. 336, etc.



§ 61. **Epigénie.** — Il y a aussi des formes qui résultent de la substitution d'une substance à une autre par une opération chi-

Digitized by Google

mique, et qu'on nomme plus particulièrement *épigénie*. Or certains faits que présentent les usages ordinaires, et d'autres que nous pouvons produire dans nos laboratoires, conduisent à concevoir ceux que nous offre la nature, quoiqu'ici le principe réel nous soit souvent caché. Par exemple, les pièces d'argent qui ont séjourné long-temps dans les fosses d'aisances sont converties en sulfure d'argent, sans avoir perdu leur forme; un cristal de carbonate ou d'acétate de plomb, exposé pendant un temps suffisant dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré, se trouve converti en sulfure de plomb, qui conserve la forme première; un cristal de sulfate de potasse, placé dans de la craie entretenue à un état légèrement humide, se convertit en sulfate de chaux, etc.

Il se fait des choses analogues dans la nature : des cristaux de carbonate, de sulfate, de phosphate de plomb, sont convertis en sulfure sans perdre leur forme; des cristaux d'oxyde de cuivre sont convertis en carbonate vert; des cristaux de sulfure de fer en peroxyde hydraté; des cristaux de carbonate et de sulfate de chaux en silice, etc.; par conséquent un grand nombre de substances offrent ainsi des formes qui ne leur appartiennent pas.

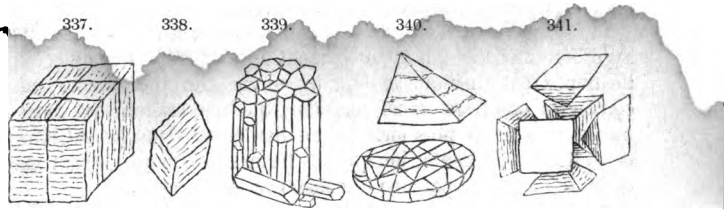
Véritables pétrifications. — C'est sans doute aussi par des substitutions analogues que le test des coquilles et les madrépores, qui sont de nature calcaire; certains animaux mous, les bois de diverses espèces, ont été convertis en silice dans le sein de la terre. Dans ces cas, la nature présente non-seulement la forme du corps, mais aussi tout son tissu intérieur, jusque dans ses parties les plus délicates; en sorte que les bois, par exemple, ont conservé toute la structure ligneuse, et, à la simple vue, pourraient être pris pour des bois à l'état naturel : c'est là ce qui distingue la véritable pétrification des matières incrustées ou moulées, auxquelles on donne improprement ce nom, § 59.

§ 62. **Formes par retrait.** — Il n'est personne qui n'ait vu les matières pâteuses se gercer, se fendre dans toutes les directions en se desséchant : c'est l'effet du retrait des particules sur elles-mêmes à mesure que l'eau s'échappe. Un grand nombre de matières exposées au feu présentent le même résultat, et les matières fondues, peu conductrices de la chaleur, produisent le même effet en se refroidissant.

On trouve beaucoup d'exemples de semblables phénomènes parmi les matières naturelles, qui se sont divisées, quelquefois sur une grande échelle (voyez les basaltes dans la géologie), en parties polyédriques de diverses formes : il y a des espèces de parallélipipèdes droits ou obliques, fig. 337, 338; des prismes triangulaires,

Digitized by Google

pentagones, hexagones, etc., fig. 339 ; des pyramides triangulaires, quadrangulaires, etc., fig. 340, qui quelquefois se réunissent vers un centre d'où le retrait semble avoir eu lieu, fig. 341.



342.

Ce sont ces retraits, opérés dans des espèces de rognons terreux, qui ont produit ce qu'on nomme *ludus helmontii*, fig. 342. Les vides occasionnés par les fentes se trouvent alors remplis par une matière étrangère plus ou moins dure, qui fait souvent saillie par suite de la destruction ou de l'usure de la matière fondamentale. Ailleurs, la matière première a été enlevée; et celle qui s'était déposée dans les fentes reste seule, en présentant alors une masse cellulaire comme un gâteau d'abeilles.

STRUCTURE DES CORPS BRUTS.

§ 63. **Structure régulière**. — De même qu'il y a deux sortes de formes, il existe deux sortes de structures : une *structure régulière polyédrique,* une *structure irrégulière* ou *accidentelle.*

Clivage. — La structure régulière se manifeste lorsqu'on vient à briser certains cristaux : chaque fragment présente alors un petit polyèdre, et la poussière même de ces corps, considérée au microscope, est un assemblage de petits solides régulièrement terminés. C'est ainsi que le sel commun, le minerai de plomb, se brisent en petits cubes; que le fluor, le diamant, se brisent en octaèdres; que le sulfate de baryte, la topaze, se brisent en prismes rhomboïdaux ; que la pierre calcaire cristallisée, le rubis et le saphir se brisent en rhomboèdres, etc. Ces divisions naturelles des corps sont généralement désignées sous le nom de *clivage* (de l'allemand *klöben*, fendre *du bois*).

Tous les corps bruts cristallisés n'ont cependant pas cette propriété : il en est beaucoup qui ne se brisent jamais qu'en fragments irréguliers, comme le cristal de roche, le grenat, l'émeraude, etc.

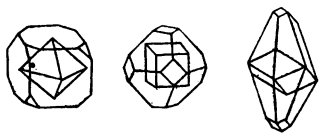
Digitized by Google

Dans d'autres, il n'y a que deux directions de clivage, souvent même une seule, et par conséquent il n'y a pas de solide déterminé. Souvent aussi les clivages ne se manifestent que par des miroitements qu'on aperçoit à l'intérieur du cristal.

L'observation des clivages est extrêmement utile pour distinguer les différents corps qui appartiennent au même système de cristallisation. C'est ainsi que le diamant, si caractérisé d'ailleurs, ne se confondra pas avec le sel commun, quoique cristallisant dans le même système. A plus forte raison distinguera-t-on les substances de systèmes différents, lorsque les formes extérieures seront masquées ou détruites par une circonstance quelconque.

Noyau central. — Nous ne devons pas négliger d'indiquer aussi un mode particulier de clivage, qui a conduit Haüy à l'idée d'un noyau central, dans les différents cristaux qu'un même corps peut présenter. Si l'on a, par exemple, un cristal cubique de fluor, on trouve qu'il peut se cliver sur chacun des huit angles solides, d'où, avec un couteau, on peut enlever une petite pyramide, à la place de laquelle apparaît une face triangulaire, fig. 343; on peut ensuite successivement enlever des lames parallèles à chacun de ces petits plans, et l'on arrive bientôt à former un octaèdre qui se trouve comme placé au centre du cristal.

343. 344. 345.



Si l'on prend, au contraire, un octaèdre de galène (minerai de plomb), on remarque qu'il se clive sur les six angles solides, fig. 344, et qu'on peut également enlever des lames successives à chaque angle, ce qui conduit bientôt à un cube qui, placé au centre du cristal, semble avoir servi de point de départ. De même les scalénoèdres de carbonate de chaux (pierre calcaire) présentent trois clivages à leur sommet, fig. 345, et, en enlevant des lames suivant ces trois directions, on arrive à un rhomboèdre central qui semble avoir servi de base à la cristallisation. Tous les cristaux clivables présentent des phénomènes analogues.

Hypothèse des décroissements. — C'est d'après ces observations que Haüy a été conduit à concevoir dans chaque substance une *forme primitive*, ou *noyau*, et à expliquer l'existence des autres formes, qu'il a nommées *secondaires*, par des applications de lames

Digitized by Google

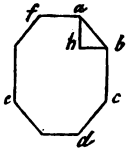
décroissantes de diverses sortes sur la première, précisément comme les lames qu'on peut enlever successivement.

On voit maintenant que le choix de la forme-type, ou primitive, qui doit représenter toute la cristallisation d'une substance, § 43, n'est pas indifférent. Il est clair qu'en général on prendra le solide de clivage dans les substances qui possèdent cette propriété; et, quant aux corps qui ne se clivent pas, il faudra généralement choisir la forme qui domine dans les cristaux qu'on en connaît. Ainsi, on prendra l'octaèdre régulier pour l'alun, parce que c'est la forme qui est généralement empreinte dans la cristallisation de cette substance ; tandis que, par la même raison, on prendra le dodécaèdre rhomboïdal pour le grenat, etc.

Dimensions de la forme primitive. — La forme primitive une fois choisie, il faut en déterminer l'espèce, si elle n'appartient pas aux solides réguliers. Cette détermination repose sur les rapports de position que les différents plans de même ordre peuvent avoir entre eux dans la même substance. Par exemple, dans l'idocrase, qui appartient au prisme carré, les faces qui modifient les arêtes supérieures font successivement avec la base des angles de 166° 6', de 142° 43', de 124° 30'; etc. Dans l'oxyde d'étain, qui est du même système, les faces analogues présentent des angles de 150° 34', de 136° 30', de 97° 40', fort différents des premiers.

Maintenant, soit *abcdef* fig. 346, la coupe longitudinale du prisme carré modifié sur les arêtes des bases : *ab* sera un des plans modifiants dont nous venons d'indiquer les inclinaisons sur la base *af*. Menons la verticale *ah* et l'horizontale *bh*, nous déterminerons un triangle dont l'angle en *a* aura pour mesure l'inclinaison donnée moins 90°. Pour le premier cas, l'angle *bah* vaut 76° 6', et *abh* est dès lors de 13° 54'. Or, les sinus des angles étant comme les côtés opposés, on a

346.



sinus *bah* (76° 6') : sinus *abh* (13° 54') : : *bh* : *ab*.

Si l'on cherche les logarithmes de ces sinus, qui sont 9,987092 et 9,380624, puis les nombres correspondants qu'on trouve 9707 et 2402, on aura le rapport numérique de *bh* à *ah* ; c'est-à-dire *bh* : *ah* : : 9707 : 2402, ou à peu près, en simplifiant, *bh* : *ah* : : 12 : 3.

La seconde inclinaison donnée, diminuée de 90°, fournit pour *bah* 52° 48', et pour *abh* 37° 12'; d'où l'on tire *bh* : *ah* : : 7965 : 6046 : : 4 : 3.

La troisième inclinaison donne *bh* : *ah* : : 5664 : 8241 : : 4 : 6.

Les plans de modification sont évidemment fixés par ces rapports de lignes tout aussi bien que par les angles, et d'une manière qui se prête mieux à la comparaison.

On voit que les longueurs *bh* et *ah* qui sont 12 et 3, 4 et 3, 4 et 6, sont liées entre elles numériquement, et que si on prend un des rapports pour point de départ, 4 à 3, par exemple, les autres se simplifieront. On peut regarder 4 à 3 comme le rapport de la base à la hauteur de la molécule prismatique, et dire alors que le plan, dont l'inclinaison sur la base est 142° 46', est déterminé par 1 molécule en largeur et 1 molécule en hauteur; que le plan qui fait avec la base 166° 6' est déterminé par 4 molécules en largeur et 1 molécule en hauteur, et celui qui fait avec la base 124° 30' est déterminé par 1 molécule en largeur et 2 en hauteur

Le rapport 4 à 3 entre la base et la hauteur de la molécule caractérise donc le prisme carré de l'idocrase.

Si nous prenons les inclinaisons données pour l'oxyde d'étain, nous trouverons pour les rapports successifs de *bh* à *ah*, les expressions suivantes :

bh : *ah* : : 9430 : 3327 : : 11 × 43 : 4 × 41
bh : *ah* : : 7253 : 6883 : : 43 : 41
bh : *ah* : : 1334 : 9910 : : 43 : 8 × 41

Digitized by Google

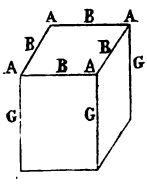
Le prisme de l'oxyde d'étain serait donc caractérisé, et distingué du premier, par le rapport 43 à 41, qui serait celui de la base à la hauteur.

Nous nous bornerons à ces observations, qui doivent faire voir comment on peut s'y prendre pour déterminer les dimensions des autres formes.

Signes des formes secondaires. — On voit comment on peut avoir une forme qui représente toutes les faces de toute la cristallisation d'une substance; mais, pour donner une idée complète de cette cristallisation, il faut encore indiquer les lois suivant lesquelles se placent les différents plans de modification, et d'où résultent toutes les formes secondaires. Pour cela, il suffit d'indiquer les rapports des lignes par lesquelles on peut fixer ces plans: par exemple, ayant établi pour l'idocrase un prisme carré dont la base est à la hauteur dans le rapport de 4 à 3, on ajoutera que pour l'un des plans de modification les lignes de position sont de 1 hauteur de molécule et 1 largeur; pour une autre, 1 hauteur et 4 largeurs; pour une troisième, 2 hauteurs et 1 largeur. etc.

Mais on peut s'exprimer plus facilement par des signes, en désignant chaque espèce de partie de la forme primitive par une lettre particulière, comme fig. 347, et plaçant le rapport en exposant au-dessus de la lettre. Ainsi, dans le cas présent, nous indiquerions les différents plans qui se produisent sur les arêtes B par les signes $B^{\frac{1}{4}}$, $B^{\frac{1}{1}}$, $B^{\frac{2}{1}}$, etc., en convenant que le numérateur exprime toujours la hauteur. On peut supprimer le dénominateur quand il est l'unité, et écrire plus simplement $B^{\frac{1}{4}}$, B^{1}, B^{2}, etc. On indiquerait d'une manière analogue les modifications sur les autres arêtes et sur les angles solides.

347.



Pour l'oxyde d'étain, dans lequel la base est à la hauteur dans le rapport de 43 à 41, on aurait pour expression des différentes lois de modification sur les arêtes des bases. $B^{\frac{1}{14}}$, B^{1}, B^{8}, etc. On voit facilement par cette notation que les lois qui régissent les modifications d'une des substances ne sont pas celles qui régissent les modifications de l'autre.

On conçoit qu'après avoir ainsi établi les lois des modifications qu'on connaît dans une substance on peut théoriquement imaginer tous les intermédiaires, et calculer d'avance les inclinaisons des faces qu'il est possible de rencontrer.

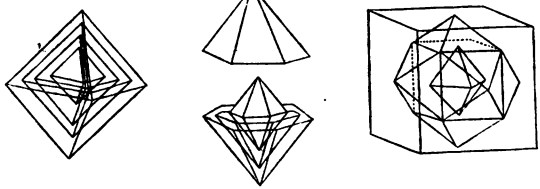
Structure de groupement. — Outre le clivage il faut admettre dans les cristaux une autre forme de structure, qui tient à une agrégation régulière de cristaux plus petits. C'est ainsi que, dans les groupements que nous avons indiqués, § 48, il peut exister d'un côté le clivage dans chacun des cristaux composants, de l'autre une structure particulière qui résulte et de leurs formes et de la manière dont ils sont agrégés pour former un tout régulier. Cette dernière structure, souvent invisible à l'œil, se manifeste dans les phénomènes optiques dont nous parlerons plus tard.

Structure d'accroissement. — Nous avons fait observer que les cristaux s'accroissent souvent après leur première formation, § 2, soit en conservant leur forme première, fig. 348 et 349; soit en changeant successivement, comme fig. 350, où l'on voit d'abord un octaèdre, puis un cube, puis un dodécaèdre, qui lui-même est

Digitized by Google

encore enveloppé dans un cube. Nous trouvons assez fréquemment des phénomènes de cette espèce dans la nature, et nous en obtenons de semblables dans nos laboratoires : les accroissements sans variation de formes s'obtiennent en conservant constamment la même nature de solution saline, et les autres en faisant varier la nature du liquide dans lequel la cristallisation a lieu.

348. 349. 350



Ces circonstances d'accroissement donnent encore lieu à des structures particulières, souvent très-compliques, dans l'intérieur des cristaux. Il arrive quelquefois que les divers accroissements peuvent se déboîter les uns des autres, comme fig. 349, lorsque la masse est brisée : c'est ce qu'on voit dans le quarz (cristal de roche), dans le fluor, etc., et ce qu'avec un peu de précaution on peut obtenir dans l'alun, en frottant légèrement la surface des cristaux avec un corps gras aux diverses époques d'accroissement. Fréquemment il arrive aussi que les diverses couches sont à distance l'une de l'autre : c'est ce qu'on voit encore dans le quarz, et ce qui a lieu dans le salpêtre, le sulfate de soude, etc., quand la solution de ces sels est très-concentrée et que la cristallisation se fait rapidement. L'intervalle des couches se trouve alors rempli par le liquide.

§ 64. **Structure irrégulière, par agrégation.** — Si en se groupant par les faces homologues les cristaux provoquent une structure régulière dans l'intérieur de la masse qu'ils composent, il en est autrement lorsqu'ils sont jetés pêle-mêle et au hasard les uns sur les autres : la masse qu'ils forment alors ne peut avoir qu'une structure irrégulière, comme leur réunion ; mais il y a plusieurs distinctions à faire.

1° **Structure lamellaire.** — Si les cristaux sont clivables, la masse présente dans sa fracture une multitude de petits plans dirigés dans tous les sens, et qu'on reconnaît surtout par le miroitement que chacun d'eux produit. La *structure* se nomme alors *lamel-*

Digitized by Google

laire ; elle est tantôt à grandes lames, tantôt à petites lames, comme dans le marbre statuaire. Quelquefois les masses sont formées de petites paillettes cristallines qui ont peu d'adhérence entre elles, et qui restent souvent aux doigts lorsqu'on vient à les toucher : c'est ce qu'on remarque dans le sulfate de chaux *niviforme* (pierre à plâtre), dans certains minerais de fer (fer oligiste), dans les matières qu'on a nommées *chlorites*, etc.

2° **Structure granulaire**. — Si les cristaux réunis au hasard ne sont pas susceptibles de clivages, la masse présente ce qu'on nomme la *structure granulaire*, à gros grains et à petits grains. Mais il faut observer que ces grains sont tantôt de véritables cristaux déformés par leurs pressions mutuelles ; tantôt des grains de sable, des cailloux roulés, agglutinés entre eux : d'où il suit qu'il y a une structure granulaire cristalline et une arénacée ; c'est cette dernière qu'on trouve dans les diverses espèces de grès.

3° **Structure dendritique**. — Il arrive souvent, dans les agrégations confuses, que les cristaux composent des groupes dendritiques entremêlés les uns avec les autres ; ces groupes se reconnaissent plus ou moins dans la masse, qui offre alors une structure dendritique. On a distingué, par des épithètes, diverses variétés qui tiennent à la disposition des dendrites, comme *tricoté*, *palmé*, *réticulé*, etc., fig. 351 à 354. La *galène*, le *bismuth*, le *cobalt gris*, les *micas*, etc., nous en offent de beaux exemples.

4° **Structure fibreuse**. — Les cristaux allongés, minces, en se groupant sur leur longueur, produisent des structures bacillaires et fibreuses ; mais cette dernière résulte le plus souvent de la production des filets capillaires, dont nous avons parlé § 57. Les substances qui la présentent se trouvent alors dans les fentes des matières en grandes masses ; les fibres, toutes parallèles entre elles, sont perpendiculaires à la paroi d'où elles sortent, et viennent se réunir au milieu de la fente, en formant à leur rencontre un plan de jonction plus ou moins irrégulier.

Les cristaux bacillaires, ou capillaires, sont souvent divergents. C'est ce que montrent les configurations sphéroïdes ou mamelon-

Digitized by Google

nées, où tout se dirige au centre, et les stalactites, où tous les cristaux sont dirigés vers l'axe. Les filaments capillaires sont quelquefois aussi entrelacés ou contournés de toutes les manières : c'est ce qu'on voit surtout dans les masses coralloïdes, § 54.

Asbeste, amiante. — Observons aussi que les filaments capillaires ont quelquefois peu d'adhérence entre eux, et qu'ils se détachent facilement les uns des autres. Ils produisent fréquemment alors des masses souples, soyeuses, des masses flexibles feutrées ou des masses floconneuses. Telles sont les matières qu'on a désignées sous les noms d'*asbeste* et d'*amiante;* mais il ne faut pas croire que ce soit toujours une seule et même substance, car un grand nombre de matières différentes, pierreuses, vitreuses, métalliques, présentent ces mêmes phénomènes.

5° **Structure schisteuse.** — Il arrive souvent que des cristaux en lamelles minces, ou des paillettes de matières micacées, se déposent à plat les uns sur les autres, ou bien que de petits cristaux capillaires se couchent sur leur longueur pour former des masses plus ou moins considérables. Ces masses se divisent alors, suivant le plan des lames ou des fibres, en feuillets plus ou moins épais : c'est ce qui a lieu dans les diverses espèces d'ardoises, qui ne sont que des réunions de paillettes disposées à plat, ou dans diverses espèces de grès et d'argiles qui renferment des lits minces de semblables paillettes. On a désigné cette structure, susceptible de divisions en plaques, sous le nom de structure schisteuse, et les substances qui la présentent plus spécialement prennent souvent le nom de *schiste* (σχιστός, aisé à fendre).

6° **Structure compacte.** — On nomme *compactes* les substances dans lesquelles on n'aperçoit à l'œil aucune espèce de structure, comme le cristal de roche, le verre, etc. Il faut remarquer que souvent la compacité provient d'une atténuation extrême des cristaux, des grains, des fibres, qui se sont agrégés, et l'on trouve alors des passages aux variétés lamellaires, granulaires, etc.; mais dans beaucoup de cas on ne reconnaît dans la masse compacte aucune partie distincte, même au microscope (verre, cristal de roche). Ailleurs, les matières compactes passent à des variétés terreuses ou gélatineuses, circonstance qui paraît devoir être distinguée des deux précédentes.

7° **Structure d'accroissement.** — L'accroissement ne se manifeste pas seulement dans les cristaux, où il produit une structure régulière polyédrique; il a lieu également dans les pisolites, dans les configurations réniformes non cristallines, où il détermine une structure sphéroïdale; dans les stalactites, où la structure est

Digitized by Google

cylindrique ou conique ; dans les stalagmites et les dépôts que les eaux forment çà et là, où elle est ondulée de diverses manières.

Cette structure d'accroissement se manifeste souvent indépendamment des structures lamellaires, fibreuses, etc., que l'on distingue en même temps dans les corps.

8° **Structure par retrait.** — Le retrait, en déterminant des divisions dans les masses minérales, y produit par cela même des structures lamellaires et fibreuses ; quelquefois il donne lieu à des structures schisteuses plus ou moins distinctes, ou à des divisions en couches concentriques, analogues aux structures d'accroissement qu'on remarque dans les rognons.

9° **Structure par moulage.** — Les gerçures et les fentes produites par le retrait se trouvant remplies par des matières étrangères, déterminent dans celles-ci, lorsque la première est enlevée, des structures cloisonnées en tout sens et une multitude de cavités plus ou moins irrégulières. C'est ce qui est sensible dans certains ludus, § 62, dont la matière de remplissage présente la forme de gâteaux d'abeilles, lorsque la matière terreuse où elle s'était infiltrée a été enlevée. C'est ce qu'on voit aussi dans certaines variétés de quarz, qu'on a nommées *quarz haché*, et dans un assez grand nombre de substances.

10° **Structure cellulaire, poreuse, etc.** — Les matières gazeuses qui traversent les masses fondues, ou celles qui sont à l'état pâteux, y produisent des cellules, tantôt arrondies, tantôt déchiquetées et crevées les unes dans les autres, ou des pores plus ou moins nombreux. C'est ce qu'on observe dans les scories et les matières volcaniques. Souvent les pores ou les cellules s'allongent dans le sens du mouvement de la matière fondue, et il en résulte une sorte de structure fibreuse, qu'on remarque surtout dans certaines variétés de ponce.

Quelques dépôts calcaires sont criblés de *tubulures* placées verticalement, qui paraissent provenir des gaz produits par la décomposition des matières organiques sur lesquelles ces masses reposent.

Il se produit quelquefois aussi une sorte de structure cellulaire ou poreuse, par suite de la décomposition de certains cristaux, ou de petits rognons, qui laissent leur moule en creux dans les masses où ils étaient renfermés. C'est ce qui arrive souvent par la destruction des cristaux et des rognons de pyrite.

11° **Structure organique.** — Nous avons dit que dans les véritables pétrifications tout le tissu organique se trouve nettement conservé. Il en résulte par conséquent dans les substances une

Digitized by Google

structure qui appartient aux corps organisés : telles sont les structures des bois, des madrépores, de certains animaux mous, etc.

Il y a aussi des structures tubuleuses qui tiennent tantôt à des débris organiques tubulaires, tantôt à certains corps cylindriques qui, après avoir été détruits, ont laissé leurs moules dans les matières qui les avaient enfermés.

Il faut remarquer enfin que les pierres calcaires sont souvent percées par certains mollusques, et dès lors présentent une structure cellulaire tout à fait accidentelle. Non-seulement cette circonstance se présente dans les calcaires qui bordent nos mers, mais encore dans ceux qui se trouvent à l'intérieur des terres, qui par conséquent ont dû être jadis baignés par les eaux de l'océan.

DE LA CASSURE.

§ 65. Les structures que nous venons de décrire ont été souvent indiquées sous le nom de cassures, parce qu'en effet c'est par la cassure qu'elles se manifestent. C'est ainsi qu'on dit souvent que tel corps a la cassure lamellaire, granulaire, fibreuse, compacte, etc. ; mais la structure compacte nous offre dans la cassure quelques variations qu'il n'est pas inutile d'indiquer.

Cassure conoïde et conchoïde — Lorsqu'on frappe sur une des matières compactes qui n'offrent pas de passage aux structures lamellaires ou fibreuses, le choc détermine dans l'intérieur un cône plus ou moins obtus : c'est ce qu'on peut voir sur une bille d'agate, une boule de cristal de roche ou de verre, qu'on laisse tomber sur un corps dur. Lorsque le coup est assez fort, il se détache des fragments qui présentent en creux l'empreinte du mamelon conoïde mis alors à découvert. Ces empreintes ont une certaine analogie avec l'intérieur d'une coquille bivalve, et l'on dit alors que la cassure est *conchoïde* : elle est plus ou moins creuse, plus ou moins aplatie, suivant l'espèce de matière, qu'elle peut ainsi distinguer des autres.

Il y a aussi certaines substances compactes qui offrent dans leur cassure un nombre plus ou moins considérable d'esquilles prêtes à se détacher. On dit alors que la cassure est *esquilleuse*, et cette circonstance peut aussi faciliter quelques distinctions. Enfin, il y a des substances compactes dont la cassure est unie et plate : c'est, par exemple, le caractère des meilleures pierres qu'on puisse employer dans la lithographie.

Digitized by Google

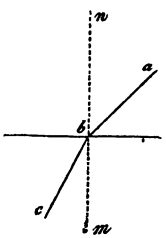
PROPRIÉTÉS OPTIQUES DES MINÉRAUX.

§ 66. Parmi les propriétés optiques des minéraux, les plus importantes sont la réfraction, simple ou double, la polarisation par réflexion, le polycroïsme, l'astérisme, les couleurs propres ou accidentelles. Quelques-unes peuvent être inhérentes à la nature même du corps, mais le plus grand nombre tiennent à l'arrangement de ses particules, et peuvent souvent servir a le découvrir, dans les cas même où il est le plus caché pour tous les autres modes d'exploration.

RÉFRACTION SIMPLE.

§ 67. Toutes les fois qu'un rayon de lumière, *a b* ou *c b*, fig. 355, passe obliquement d'un corps dans un autre, il est dévié de sa direction et comme brisé (*refractus*) au plan de jonction des deux milieux ; de là l'expression de *réfraction*, par laquelle on désigne le phénomène. La réfraction est *simple* lorsque le rayon reste simple dans un milieu comme dans l'autre ; elle est double lorsque le rayon se divise en deux par l'action de l'un des corps.

355.



On nomme *angles d'incidence* et de *réfraction* les angles que le rayon fait avec la normale *m n* aupoint d'incidence avant et après la réfraction. L'observation fait voir que les sinus de ces angles sont dans un rapport constant entre deux substances déterminées, et qu'ils varient, au contraire, quand à l'une des substances réfringentes on en substitue une autre. Ainsi, de l'air atmosphérique, où nous sommes constamment plongés, il y a constance de rapport relativement à une substance déterminée, et variation, au contraire, pour toute autre substance. Ce rapport constant pour chaque substance se nomme *indice de réfraction*.

Applications. — L'observation de l'indice de réfraction est importante dans l'étude des corps bruts, en cela qu'elle peut souvent conduire à distinguer nettement ces corps les uns des autres, du moins lorsqu'ils sont purs de tout mélange mécanique qui pourrait déranger la marche des rayons, et qu'ils sont dans des états de cristallisation comparable. En effet, on distinguerait facilement par ce moyen les substances suivantes :

Digitized by Google

Noms des substances.		*Indices des réfractions.*	
Diamant		2,439	2,755
Soufre		2,115	
Zircon		1,950	
Grenat		1,815	
Rubis spinelle		1,812	
Saphir bleu		1,794	
Rubis oriental		1,779	
Saphir blanc		1,768	
Feldspath		1,764	
Cymophane (chrysolite orientale)		1,760	
Calcaire cristallisé	rayon ordinaire	1,654	
	rayon extraordinaire	1,483	
Arragonite	l'un des rayons	1,693	
	l'autre	1,535	
Sulfate de baryte	l'un des rayons	1,635	
	l'autre	1,620	
Topaze jaune	l'un des rayons	1,640	
	l'autre	1,632	
Topaze blanche		1,610	
Quarz	rayon ordinaire	1,548	
	rayon extraordinaire	1,558	
Sel commun		1,557	
Calcédoine		1,553	
Sulfate de chaux (pierre à plâtre)		1,525	
Opale		1,479	
Borax		1,475	
Alun		1,457	
Fluor		1,436	

Nous devons faire observer que les couleurs dont les substances peuvent être accidentellement pourvues apportent toujours quelque différence dans l'indice de réfraction, et que généralement elles l'élèvent. On voit en effet que le saphir blanc a pour indice 1,768, le saphir bleu 1,794, et le rubis oriental, qui est de la même nature, 1,779; la topaze blanche a pour indice de réfraction 1,610, et la topaze jaune 1,632.

On peut remarquer aussi, comme nous l'avons annoncé § 45, que l'indice de réfraction n'est pas le même lorsque la substance cristallise dans deux systèmes différents. Ainsi le calcaire cristallisé rhomboédrique a pour indices 1,654 et 1,483, tandis que l'arragonite présente 1,693 et 1,535. De là on voit que la réfraction ne dépend pas seulement de la nature des substances, mais encore de l'arrangement de leurs particules.

Moyen de détermination. — Parmi les différents moyens qu'on peut employer pour déterminer l'angle de réfraction, le plus simple consiste à faire tailler la substance en prisme (ou à prendre un cristal transparent et à faces lisses), à mesurer l'incidence des

Digitized by Google

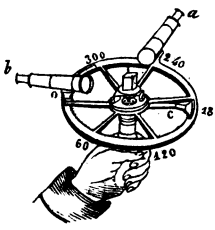
deux faces et à chercher ce qu'on nomme la déviation minimum du rayon qui traverse ce corps, c'est-à-dire l'angle minimum que l'image réfractée peut faire avec l'image directe. Au moyen de ces données, on obtient le rapport cherché; car on démontre que l'indice de réfraction est représenté par la formule

$$\frac{\text{sinus } \frac{1}{2}(\alpha + \Delta)}{\text{sinus } \frac{1}{2}\alpha}$$

α étant l'angle du prisme et Δ l'angle de déviation minimum.

Le goniomètre de M. Babinet, au moyen duquel on peut avoir l'angle du prisme, § 9, sert aussi à mesurer la déviation minimum. Pour cela, le prisme étant sur le support central, on amène la lunette mobile *b*, fig. 356, à droite ou à gauche de la direction de la lunette fixe *a*, et, en tournant le support, on obtient bientôt une image du spectre solaire due au fil vertical de la lunette. En tournant alors doucement dans un sens ou dans l'autre, on voit généralement le spectre sortir de la lunette par un côté ou par l'autre.

356.



En rapprochant alors la lunette *b* de la direction de *a*, et en tournant en même temps le support pour ne pas perdre le spectre de vue, on arrive après quelques tâtonnements à une position telle que les deux mouvements contraires du support donnent un spectre qui s'écarte toujours dans le même sens : c'est le spectre de la déviation minimum.

Parvenu à ce terme, on choisira un point du spectre, par exemple la ligne de démarcation du vert au rouge, et on amènera le point de croisement des fils de la lunette mobile sur cette ligne de démarcation, et on notera l'angle indiqué par le nonius.

On portera alors la lunette mobile de l'autre côté de la direction de la lunette *a*; on cherchera de même le spectre-limite, et on amènera le point de croisement des fils sur la même ligne de démarcation du vert au rouge. On aura alors entre les deux stations un angle dont la moitié est celui de la déviation minimum.

Après quelques essais, on reconnaîtra que ces tâtonnements, dont la description a quelque chose de minutieux, ne présentent en réalité rien de difficile.

RÉFRACTION DOUBLE.

§ 68. **Exposé du phénomène.** — Il y a des substances dans lesquelles non-seulement le rayon de lumière incident se réfracte, mais encore se divise en deux rayons distincts; c'est-à-dire que quand on regarde un objet à travers un de ces corps, on le voit généralement double. C'est ce qu'on peut observer très-facilement, par exemple, avec un rhomboèdre de carbonate de chaux limpide (vulgairement spath d'Islande), et avec un grand nombre d'autres substances lorsqu'elles sont convenablement taillées.

Digitized by Google

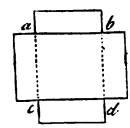
Applications. — L'ensemble des observations fait voir que les corps qui ont la réfraction simple sont ou privés de cristallisation, ou bien cristallisés dans le système cubique. Ceux qui ont la réfraction double sont, au contraire, tous cristallisés, et appartiennent aux autres systèmes.

Ce premier fait permet de distinguer beaucoup de substances, lors même qu'elles sont privées des caractères extérieurs qui servent ordinairement à les faire reconnaître, comme lorsqu'elles sont en fragments, ou lorsqu'elles ont été taillées. Jamais on ne confondra, par exemple, le verre et le cristal de roche, le rubis-spinelle et le rubis oriental, le grenat et le zircon, etc., parce que les premiers corps de chaque exemple donnent la réfraction simple, et les seconds la réfraction double. Les premiers sont donc des corps non cristallisés (le verre), ou qui appartiennent au système cubique (le spinelle et le grenat); les seconds sont, au contraire, des corps cristallisés qui appartiennent à l'un des autres systèmes.

Moyen d'observation — Pour reconnaître si une substance possède ou ne possède pas la double réfraction, il suffit d'en placer un fragment entre deux lames de tourmaline taillées parallèlement à l'axe de cristallisation, et croisées à angle droit, comme fig. 357.

On a pour cela des pinces élastiques, fig. 358, terminées par des montures qui enchâssent les lames de tourmaline, et qui peuvent facilement tourner l'une sur l'autre; la pièce d'essai placée entre ces lames y est maintenue naturellement par le ressort.

357.



358.

Si la substance a la réfraction simple, l'endroit du croisement, *a b c d*, qui est naturellement obscur, ne laisse encore passer aucune lumière; si au contraire la substance possède la double réfraction, l'endroit du croisement s'éclaircit.

Pour comprendre ce qui se passe dans cette opération, il faut savoir qu'en traversant une substance douée de la double réfraction la lumière acquiert une propriété particulière qu'on a nommée *polarisation*. Cette propriété consiste en ce qu'un rayon ainsi modifié refuse plus ou moins, par un certain côté, de pénétrer dans un corps diaphane réfléchissant, tandis que par le côté opposé il y pénètre avec facilité. Les deux rayons obtenus par un corps doublement réfringent sont en général polarisés en sens inverse.

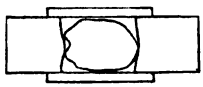
La tourmaline, substance à double réfraction, possède, ainsi que plusieurs autres matières, lorsqu'elle est taillée parallèlement à l'axe en plaques suffisamment épaisses, la propriété d'éteindre un des rayons et de laisser passer l'autre,

Digitized by Google

qui est alors polarisé dans un certain sens, conforme à la position de la plaque qu'il a traversée. Ce rayon ne peut alors passer dans une plaque de la même substance dont l'axe est en sens inverse, et il y a obscurité à l'endroit du croisement.

Maintenant, une substance qui n'a que la réfraction simple ne change rien au système lorsqu'on la place entre les deux lames de tourmaline ; mais une substance biréfringente force en général le rayon polarisé par la première tourmaline à se partager en deux faisceaux, dont l'un, polarisé en sens inverse du premier, peut alors traverser la tourmaline tournée vers l'œil.

359.

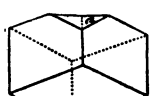


Lorsque le fragment est très-irrégulier à sa surface, ou lorsque la matière est taillée à facettes, il peut rester quelque doute sur la double réfringence du corps. Dans ce cas, il est bon de noyer la pierre dans l'épaisseur d'une lame de liége, fig. 359, puis de coller une lame de verre sur chaque surface au moyen de térébenthine épaissie qui remplit les vides. On place l'appareil ainsi composé entre les lames de tourmaline.

Observation. — Il ne faudrait pas toujours conclure trop rigoureusement, de ce qu'une substance laisse passer la lumière entre les lames de tourmaline croisées, qu'elle est cristallisée régulièrement et n'appartient pas au système cubique. Le verre, par exemple, qui n'est pas cristallisé, acquiert, par l'effet de la trempe (1), la propriété de dépolariser le rayon qui a traversé la première tourmaline, et, par conséquent, en dispose une partie à passer dans la seconde. Certains corps du système cubique, certains diamants, par exemple, produisent un résultat analogue, ce qu'on regarde aussi comme l'effet d'un certain arrangement forcé, et d'une sorte de trempe. Les observations que nous allons faire nous garantiront de ces erreurs.

§ 69. **Lignes neutres ou axes.** — Le phénomène de double réfraction, dans une substance déterminée, ne se manifeste pas indifféremment dans tous les sens. On reconnaît toujours, en faisant tailler convenablement les corps, que pour les uns il y a une direction dans laquelle on ne voit qu'une seule image, et que pour les autres il y a deux directions de cette espèce. Dans le spath d'Islande, par exemple, le phénomène de double réfraction disparaît dans la direction de l'axe du cristal ; de manière que, si l'on fait tailler sur les sommets d'un rhomboèdre des faces perpendiculaires à l'axe, *a* et *b*, fig. 360, on ne voit que des images simples des objets qu'on regarde à travers. Dans la topaze, qui cristallise en

360.

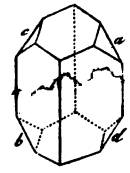


(1) On trempe le verre, c'est-à-dire qu'on fait prendre à ses molécules une sorte d'arrangement qui tend à la régularité cristalline, en le chauffant et le faisant refroidir rapidement.

Digitized by Google

prismes rhomboïdaux, on trouve une direction neutre inclinée à la droite de l'axe, et une seconde direction inclinée à la gauche ; par exemple, entre les deux faces *a* et *b*, fig. 361, on voit les objets simples, et on les voit encore de même entre les deux faces *c* et *d*. Ces directions ont été nommées *lignes neutres* ou *axes de double réfraction*, *axes optiques*. Une ligne neutre unique, ou un seul axe, se confond toujours avec l'axe de cristallisation ; la ligne moyenne, entre deux lignes neutres, correspond à un des axes cristallins qu'on peut concevoir dans la substance.

361.

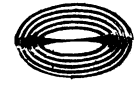


Application. — Voici maintenant l'observation minéralogiquement importante. Toutes les substances qui ont une seule ligne neutre appartiennent au système rhomboédrique, ou au système prismatique à bases carrées ; toutes celles qui en ont deux appartiennent à l'un des autres systèmes prismatiques. Il résulte de là que, par l'observation des phénomènes optiques, on ne confondra pas plus, par exemple, le cristal de roche et la topaze, le spath d'Islande et le gypse (pierre à plâtre), qu'on ne les confondrait par la forme des cristaux les mieux prononcés.

Moyens d'observation. — Il est donc important de pouvoir déterminer si une substance diaphane possède un seul axe, ou si elle en possède deux. Malheureusement, l'observation ne peut pas toujours avoir lieu immédiatement, et souvent il est nécessaire de faire tailler le corps qu'on veut examiner. Voici les faits qui établissent les caractères distinctifs.

Toutes les substances à un axe, taillées en plaque perpendiculairement à cette ligne, et placées alors entre deux lames de tourmaline, laissent voir des anneaux colorés, circulaires et concentriques, généralement traversés par une croix noire, fig. 362, si elles ont l'épaisseur convenable. Le spath d'Islande en offre un bel exemple, mais le quarz a besoin d'être en plaques excessivement minces pour laisser apercevoir une ombre bleuâtre de cette croix ; et si la plaque a une épaisseur un peu plus forte, la croix disparaît entièrement : le centre est alors coloré d'une manière ou d'une autre.

362. 363.



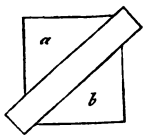
Digitized by Google

Les substances à deux axes, taillées perpendiculairement à la ligne moyenne, laissent voir deux séries d'anneaux colorés, fig. 363, l'une d'un côté de la ligne moyenne, l'autre du côté opposé : ces anneaux sont elliptiques et traversés chacun par une bande noire. Les deux séries sont plus ou moins éloignées l'une de l'autre, suivant les substances ; c'est-à-dire que les axes de double réfraction font entre eux des angles plus ou moins ouverts.

Certaines substances ayant des clivages perpendiculaires à l'axe, ou à la ligne moyenne (certaines variétés de carbonate de chaux, la topaze, les micas, le talc, etc.), il suffit d'en détacher une lame et de la placer entre les plaques de tourmaline pour apercevoir l'un ou l'autre des phénomènes indiqués, soit immédiatement, soit en inclinant l'appareil d'un côté ou de l'autre devant l'œil.

Pour les substances dont le clivage n'est pas perpendiculaire à l'axe, il suffit quelquefois d'incliner les lames qu'on en obtient entre les plaques de tourmaline ; mais quand l'indice de réfraction est un peu fort, le rayon sort du champ de la vision et l'on n'aperçoit rien. Dans ce cas, on peut y accoler deux petits prismes de verre, *a* et *b*, fig. 364, d'un angle ou d'un autre, en les fixant par de la térébenthine épaissie ; c'est ce qu'on peut faire, par exemple, avec des plaques enlevées dans le spath d'Islande, qui ne montrent pas immédiatement l'indice de la ligne neutre qu'elles possèdent.

361.



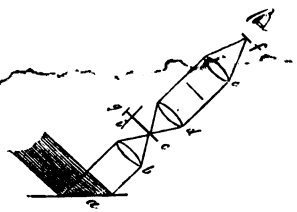
On peut quelquefois se servir aussi d'un fragment irrégulier pour observer les phénomènes, en y accolant des prismes dans un sens ou dans l'autre ; mais, en général, il vaut mieux faire tailler dans la substance une plaque à faces parallèles.

Écart des axes. — Nous avons dit que les deux systèmes d'anneaux elliptiques sont plus ou moins écartés l'un de l'autre, suivant la nature des substances, ou, en d'autres termes, que les axes optiques font entre eux des angles plus ou moins ouverts. Cette circonstance distingue parfaitement les divers corps bruts les uns des autres ; mais on conçoit que l'observation vague du plus ou du moins ne peut faire distinguer que les extrêmes, et que, pour apprécier la différence dans tous les corps, il faut évaluer les angles en degrés. Cela veut dire qu'il faut trouver moyen de mesurer l'angle qu'on est obligé de faire décrire à une plaque, pour arriver de la direction d'un axe à la direction de l'autre ; il faut, par conséquent, substituer à la pince à tourmaline un appareil susceptible de donner ces mesures.

Digitized by Google

On peut se servir à cet effet de l'appareil de M. Soleil, fig. 365. Il consiste en un plan noir *a*, qui remplace une des tourmalines, et par le moyen duquel la lumière vague des nuées, réfléchie sous l'angle de 35° 75', se trouve polarisée, et vient traverser une lentille *b* qui réunit les rayons parallèles à son foyer. A ce foyer est une pince *c* sur laquelle on adapte la plaque du corps qu'on veut éprouver. De ce point, les rayons lumineux vont traverser une autre lentille *d*, qui les rend de nouveau parallèles ; une troisième lentille *e* les reçoit alors et les fait converger en *f*, où se trouve une lame de tourmaline qui sert d'oculaire.

365.



La pince *c* peut recevoir un mouvement de rotation au moyen de la rondelle *g* de manière qu'on puisse incliner plus ou moins la plaque, qu'on veut examiner, dans un sens ou dans l'autre, mouvement dont l'angle est indiqué sur un cercle divisé *i*. La plaque elle-même peut être tournée sur son plan, entre les pinces, comme on le désire.

Entre les deux lentilles *d* et *e* se trouvent deux fils croisés rectangulaires.

Cet appareil, qui remplace avec avantage la pince à tourmaline, sert surtout à déterminer l'écartement des axes. A cet effet, ayant placé la lame d'essai sur le support *c*, on la tourne sur son plan de manière que les deux centres des anneaux coïncident avec le fil vertical, puis on tourne la virole *g* pour amener successivement chaque centre sur le point de croisement des fils ; l'arc qui se trouve alors décrit par la pince donne l'angle des lignes neutres entre elles.

On pourra reconnaître ainsi les angles suivants, qui distinguent nettement les substances auxquelles ils se rapportent :

Strontianite.	6° 56'	Célestine.	50°
Talc.	7° 24'	Comptonite.	56° 6'
Céruse.	17° 30'	Gypse.	60° 6'
Arragonite.	18° 18'	Cordiérite.	62° 50'
Apophyllite:	35° 8'	Orthose.	63°
Barytine.	37° 42'	Cyanite.	81° 48'
Stilbite.	41° 42'	Épidote.	84° 19'
Karsténite.	44° 41'	Péridot.	87° 56'

On reconnaîtra par ce moyen que les matières qu'on nomme *topazes* présentent dans les diverses variétés d'assez grandes différences, comme de 43° à 65° ; ce qui semble indiquer des espèces distinctes. Les matières qu'on nomme vulgairement *micas* présenteront des différences bien plus grandes encore, car on y observera une vingtaine d'angles différents entre 6° et 76° ; ce qui conduit à y concevoir autant d'espèces.

Diamètre des anneaux. — Les diamètres des anneaux colorés, soit circulaires, soit elliptiques, varient d'une substance à l'autre lorsque les plaques qui les produisent sont de la même épaisseur ; par conséquent, si l'on faisait tailler toutes les substances en plaques de la même épaisseur, on pourrait les distinguer par les diamètres. Il est clair qu'on reconnaîtra immédiatement à l'œil celles qui présentent les plus grandes différences ; mais, pour beaucoup d'autres,

Digitized by Google

il sera encore nécessaire de prendre des mesures qui puissent permettre la comparaison.

L'appareil de M. Soleil (1) peut encore servir ici : pour cela, on amène sur le fil horizontal le bord d'un anneau déterminé, puis l'autre bord, et l'on obtient la distance angulaire de l'un à l'autre sur le limbe divisé.

§ 70. **Cristaux attractifs et répulsifs.** — Il y a des substances à un axe dans lesquelles l'indice de réfraction ordinaire est plus grand que l'indice extraordinaire, et d'autres où c'est précisément le contraire : c'est-à-dire que dans les unes le rayon ordinaire est celui qui s'éloigne le plus de l'axe, comme s'il était repoussé par cet axe ; et que dans les autres il s'en rapproche le plus, comme s'il était alors attiré. Les premiers sont nommés cristaux *répulsifs* ou *négatifs ;* les autres, cristaux *attractifs* ou *positifs*. L'observation de cette circonstance offre encore un moyen de distinction ; ainsi on ne confondrait pas, d'après ces propriétés, certaines substances qui ont du reste beaucoup d'analogies extérieures, par exemple :

Cristaux négatifs.		*Cristaux positifs.*
L'apatite.		
Le calcaire.		
Le cinabre	avec.	l'argyrose.
Le corindon L'émeraude	avec	le quarz. la dioptase.
La néphéline	avec	l'apophyllite.
La pyromorphite.		
La tourmaline.		
L'anatase	avec.	la cassitérite.
L'idocrase La wernérite	avec.	le zircon.
La mellite.		
La mélinose.		

Moyen d'observation. — Pour reconnaître si une substance à un axe est attractive ou répulsive, il suffit, après en avoir disposé une plaque dans l'appareil pour observer les anneaux, de lui superposer une plaque semblable d'une substance dont le mode d'action est connu (spath d'Islande, par exemple, qui est répulsif), et de remarquer si les anneaux s'élargissent ou se rétrécissent. S'ils s'élargissent, les deux substances sont d'action contraire, car les choses se passent comme si on diminuait l'épaisseur de la plaque : donc la substance est attractive. S'ils se rétrécissent.

(1) On trouvera chez cet opticien des séries de substances taillées de manière à montrer les différents effets dont nous avons parlé, ainsi que l'appareil propre à les projeter sur des plans, et par ce moyen les faire voir à la fois à un grand nombre de personnes.

Digitized by Google

les actions s'ajoutent, puisque les choses se passent comme si on augmentait l'épaisseur de la plaque; par conséquent, les actions sont de même espèce : donc la substance est répulsive (1).

ANGLES DE POLARISATION.

§ 71. La lumière se polarise par réflexion à la surface des corps; mais l'angle sous lequel le maximum d'effet a lieu est différent dans les diverses substances : ce qui fournit encore, du moins pour les extrêmes, les moyens de les distinguer. Ainsi on ne confondra pas les substances suivantes d'après l'angle de polarisation.

	Angles de polarisation.
Verre	54° 35' (2)
Fluorine	55° 9'
Gypse	56° 45'
Quarz	56° 58'
Brucite	57° 25'
Barytine	58° 29'
Topaze	58° 34'
Spath d'Islande	58° 51'
Spinelle	60° 25'
Zircon	63° 0'
Soufre	63° 45'
Diamant	68° 1'
Crocoïse	68° 3'

M. Brewster a trouvé cette loi générale : que la tangente de l'angle de polarisation est égale à l'indice de réfraction, en sorte qu'on peut connaître l'un par l'autre.

On peut, pour déterminer l'angle de polarisation, se servir de tous les instruments propres à mesurer l'inclinaison d'un rayon réfléchi. Le goniomètre de M. Babinet peut être employé pour cela avec facilité, en plaçant une tourmaline sur l'oculaire de manière que son axe soit perpendiculaire au plan du cercle. Il suffit alors, l'alidade étant à 0°, de faire mouvoir le support sur lequel le corps est fixé, en même temps que la lunette mobile, jusqu'à ce que l'image de la lunette fixe, réfléchie par le corps, soit éteinte par la tourmaline, ou amenée au minimum d'intensité. On obtient alors

(1) C'est par des modifications dans les diverses propriétés optiques dont nous venons de parler, qu'on s'aperçoit des changements de systèmes cristallins, qui peuvent se manifester dans un corps par différents moyens (voyez § 45 et 47).

(2) Ces angles sont ceux que le rayon réfléchi polarisé fait avec la normale. MM. Biot et Arago en avaient indiqué dans le principe le complément, c'est-à-dire l'angle que le rayon polarisé fait avec le plan.

Digitized by Google

l'inclinaison du rayon polarisé sur le plan réfléchissant, dont il faut prendre le complément pour rentrer dans le mode d'indication que nous avons adopté.

POLYCHROÏSME.

§ 72. Les substances douées de la double réfraction nous offrent cette autre propriété, qu'en les plaçant entre l'œil et la lumière, elles présentent une couleur ou une autre suivant la direction dans laquelle les rayons lumineux les traversent. Parallèlement aux axes, aucune partie de lumière n'est polarisée, et on observe une teinte particulière. Dans toutes les autres positions, la lumière émergente est un mélange de lumière polarisée et de lumière ordinaire ; la teinte est alors différente et varie avec les quantités respectives de ce mélange.

Lorsqu'on analyse la lumière transmise, au moyen d'une lame de tourmaline, tournée de manière à rejeter la lumière polarisée, on observe la même teinte dans toutes les directions.

Les teintes ne sont pas toujours nettement tranchées ; mais, lorsqu'elles le sont, on trouve encore ici un moyen de déterminer la direction des axes : il suffit de chercher quelle est la direction où, à la vue simple, on observe la teinte semblable à celle qu'on obtient au moyen de la tourmaline analysante.

ÉCLAT.

§ 73. Lorsque la lumière se réfléchit à la surface d'un corps, il se produit deux effets : l'un qui reporte à l'œil l'image des objets, c'est la réflexion propre ; l'autre, en vertu duquel, nonobstant les couleurs, l'organe reçoit une impression particulière de la part du corps. C'est cette impression qu'on nomme l'*éclat* du corps, et au moyen de laquelle nous distinguons une multitude d'objets les uns des autres : par exemple, une plaque d'acier poli d'une plaque de verre, un morceau de cire d'un morceau de résine, etc. On a dû s'en servir également pour la comparaison des diverses substances minérales ; et on distingue principalement alors l'*éclat métallique*, l'*éclat vitreux*, l'*éclat résineux*, l'*éclat gras*, l'*éclat nacré*, l'*éclat soyeux*, qui n'est que l'éclat nacré accompagné de la structure fibreuse. Dans chacun de ces genres d'éclat, on admet différentes variétés, qu'on désigne par des épithètes, comme demi-métalliques, demi-vitreux, etc. ; on dit aussi *éclat métalloïde* pour désigner l'apparence métallique que présentent certaines substances pierreuses.

Digitized by Google

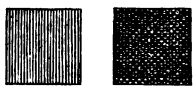
L'éclat est souvent assez variable dans le même corps, en sorte qu'il ne peut servir à distinguer exactement une substance de toutes les autres. Cependant, il ne varie jamais de l'éclat métallique à l'éclat vitreux; et, sous ce rapport, il peut avoir quelque utilité.

ASTÉRISME, CERCLES PARHÉLIQUES, COURONNES.

§ 74. **Astérisme.** — On connaissait depuis long-temps un phénomène particulier du saphir, qui montrait, par réflexion devant une vive lumière, une étoile brillante à six rayons. Plus tard, on s'est aperçu que le même phénomène avait lieu par réfraction, en regardant la lumière d'une bougie à travers la pierre. On vit ensuite que plusieurs autres substances donnaient également des étoiles, mais à branches plus ou moins nombreuses. M. Babinet a rattaché ces phénomènes à ceux des réseaux, dont voici les faits analogues.

Lorsqu'on a une série de fils tendus parallèlement et assez près l'un de l'autre, ou bien des stries parallèles tracées sur un verre, fig. 366, et qu'on regarde la lumière d'une bougie à travers, on voit, des deux côtés de la flamme, une bande lumineuse perpendiculaire à la direction des stries (1). Quand on a des fils, ou des stries, croisés à angle droit, on aperçoit deux bandes lumineuses croisées de même, et, conséquemment, une étoile a quatre rayons rectangulaires : c'est ce qu'on peut voir en regardant la lumière à travers un linge fin. Avec trois séries de fils ou de stries, fig. 367, on a trois bandes, et, conséquemment, une étoile à six rayons, etc. Généralement, il y a autant de bandes lumineuses que de directions de stries, et les angles des bandes entre elles sont précisément ceux des stries elles-mêmes. Tous ces effets dépendent de la réflexion de la lumière à la surface des fils ou des stries.

366. 367.



Des structures semblables dans les minéraux produisent les mêmes effets. Ainsi, quand on trouve des substances susceptibles de *chatoiement* par réflexion, on reconnaît qu'elles sont fibreuses, à fibres plus ou moins fines, et que c'est perpendiculairement à ces fibres que se montre la ligne de reflet lumineux qu'elles présentent.

(1) On produit le même phénomène avec une lame de verre sur laquelle on a passé le doigt légèrement humide.

Digitized by Google

Le gypse et le carbonate de chaux fibreux, le quarz fibreux, le quarz asbestifère (œil de chat), etc., présentent ces effets d'une manière saillante.

En examinant au microscope les corps astérisants, on y découvre aussi le plus souvent des structures correspondantes. Ainsi, une plaque coupée perpendiculairement à l'axe d'un prisme hexagone de saphir, ou d'un dodécaèdre pyramidal, présente des stries qui forment entre elles des triangles équilatéraux : elles doivent donc donner des étoiles à six rayons ; un prisme d'émeraude est dans le même cas, etc. Un prisme carré d'idocrase présente sur ses bases, au microscope, des lignes rectangulaires, et il donne, en effet, des étoiles à quatre rayons rectangulaires Un prisme de sulfate de baryte présente deux systèmes de lignes qui se croisent obliquement, et il produit une astérie à quatre branches qui se croisent de même, etc.

L'espèce d'astérisme que présente une substance peut donc nous donner sur sa structure intérieure des indices qui nous échappent de toute autre manière. Ainsi, on doit conclure que les prismes hexagones de saphir et d'émeraude sont formés de prismes triangulaires équilatéraux ; que les prismes d'idocrase sont formés de prismes carrés, que les prismes de sulfate de baryte sont formés de prismes rhomboïdaux, etc. Ce qui prouve, en effet, qu'il en est ainsi, c'est qu'une plaque coupée dans ces corps parallèlement à l'axe ne produit qu'une seule ligne lumineuse, ou tout au plus deux lignes rectangulaires dont l'une correspond aux clivages de la base.

Les observations, en se multipliant, nous donneront sans doute quelque jour des résultats importants, et l'on verra probablement pourquoi certaines substances, le quarz, par exemple, malgré leur analogie avec d'autres, ne produisent pas d'astérismes ; on déterminera la forme et la disposition des molécules qui conviennent au grenat trapézoèdre pour produire des étoiles à six rayons inclinés de 60°, lorsqu'on le taille sur certains angles, et des étoiles à quatre rayons inclinés de 60 et 120° sur d'autres ; pourquoi il n'en est pas de même dans d'autres substances du système cubique, etc. ; pourquoi enfin les différentes formes d'une même substance offrent des dispositions diverses, et quels sont les rapports qu'elles ont entre elles.

§ 75. **Cercle parhélique.** — Toutes les substances astériques produisent encore un autre phénomène qui tient aux systèmes de stries parallèles à l'axe, déterminées par les arêtes des molécules prismatiques composantes, sur lesquelles la lumière se réfléchit aussi en traversant la pierre. Ce phénomène consiste en un cercle

Digitized by Google

lumineux passant par la flamme qui sert de point de mire. Non-seulement il a lieu dans les substances cristallisées, mais il se voit encore dans toutes les matières irrégulièrement fibreuses, à fibres parallèles, taillées perpendiculairement à leur direction.

§ 76. **Couronnes.** — Lorsque les substances sont composées uniformément de fibres régulières, parallèles, et qu'on taille des plaques perpendiculairement à leur direction, on voit à travers ces plaques une couronne circulaire autour de la lumière qu'on prend pour point de mire. Les couronnes sont plus ou moins grandes suivant la grosseur des fibres, qu'on peut parvenir à évaluer rigoureusement par la mesure du diamètre des cercles.

COULEURS.

§ 77. **Couleurs propres.** — Les couleurs des minéraux doivent être distinguées en *couleurs propres* et *couleurs accidentelles*. Les premières tiennent à la nature même des corps et sont dès-lors importantes pour leur distinction. Elles se trouvent dans les métaux, dans le soufre, dans les sulfures, dans les oxydes et dans quelques-uns de leurs composés. Ces couleurs sont toujours uniformes dans toute l'étendue de la masse du corps; elles varient quelquefois suivant son plus ou moins de compacité, et jusqu'à paraître tout à fait noires: ce qui a lieu surtout dans les oxydes; mais la couleur de la poussière est toujours la même, quelle que soit celle de la masse, et c'est pourquoi on l'indique particulièrement dans l'exposé des caractères. Il n'est pas inutile de remarquer que les couleurs propres peuvent varier par l'effet d'un arrangement particulier des molécules. C'est ainsi que le soufre, fondu à 109° et refroidi ensuite, présente la couleur jaune qu'on lui connaît; tandis que, porté au point d'ébullition (400°) et refroidi brusquement, il prend la couleur brun-rouge, en même temps qu'il devient mou. Le phosphore refroidi lentement présente une couleur jaunâtre, et il est noir lorsqu'on le refroidit rapidement.

§ 78. **Couleurs accidentelles.** — Un grand nombre de corps terreux, pierreux et vitreux sont naturellement blancs; mais ils se trouvent fréquemment mélangés de matières douées de couleurs diverses, propres ou accidentelles, qui les colorent dans tout ou partie de leur masse. De là il résulte que ces corps peuvent présenter une multitude de couleurs différentes, suivant les circonstances où ils se sont formés : c'est ainsi que le cristal de roche est tantôt incolore, tantôt coloré en jaune, en vert, en brun, en noir, en violet, etc.: que l'émeraude, qu'on se figure toujours

Digitized by Google

comme une pierre verte, se trouve aussi incolore, ou bien de couleur bleue, jaune, etc.

On voit fréquemment les matières qui ont cristallisé ensemble se pénétrer dans quelques parties, et celles qui sont colorées se disséminer dans la masse des autres en leur donnant une teinte particulière. Souvent ces sortes de mélanges troublent la transparence des corps, qui en deviennent même tout à fait opaques; mais souvent aussi les corps restent alors plus ou moins diaphanes, ce qui indique ou que la matière étrangère est en particules extrêmement fines, ou qu'elle se trouve dans une sorte de combinaison chimique. Les effets du polychroïsme nous indiquent des dispositions particulières des matières colorantes dans les corps, que peut-être un jour ils nous conduiront à déterminer.

Ces matières colorantes sont quelquefois des principes fugaces que le feu peut détruire, comme dans la plupart des quarz noirs; quelquefois ce sont des principes organiques, comme dans la cornaline, qui doit en grande partie sa couleur rouge à des globules organisés qu'on y voit quelquefois dispersés isolément.

Les couleurs accidentelles ne sont pas toujours uniformes comme les couleurs propres; d'une part elles varient d'intensité et de nuances, de l'autre elles se mélangent fréquemment, de manière que la même masse, le même cristal, se colore de diverses manières dans ses différentes parties. On indique souvent les dessins que ces diverses couleurs forment entre elles, par les épithètes *rubanés, zonaires, tachetés, pointillés, veinés, nuagés, dendritiques, flambés, ruiniformes,* etc. Plusieurs de ces dispositions paraissent tenir aux circonstances qui ont accompagné la formation des corps, et peuvent s'expliquer, comme les marbrures du savon, par le plus ou moins de liquidité et de viscosité des matières au moment qui a précédé la consolidation. D'autres sont des résultats de décomposition de l'intérieur à l'extérieur, ou réciproquement. Les dispositions flambées et ruiniformes tiennent à des fissures dirigées dans tous les sens, et dans lesquelles ont pénétré des liquides ou des vapeurs qui ont occasionné des décompositions à plus ou moins de profondeur. Aussi remarque-t-on que ce qu'on nomme le *marbre ruiniforme de Florence* n'est qu'une variété de pierres calcaires prise dans le voisinage de certaines fentes par lesquelles s'échappent les vapeurs chargées de diverses matières qui constituent le phénomène des *fumarolles*.

Couleurs superficielles. — Il y a des couleurs accidentelles qui ne sont que superficielles; souvent elles tiennent à des pellicules minces de matières étrangères, ce qui a lieu particulièrement pour

Digitized by Google

certains minerais de fer qui présentent soit à la surface de leurs cristaux (fer oligiste de l'île d'Elbe), soit sur les stalactites, des teintes irisées, plus ou moins variées, que le lavage détruit quelquefois entièrement. Dans d'autres circonstances, ces iris tiennent à l'altération de la surface : comme il arrive fréquemment dans le *cuivre pyriteux*.

Iris intérieur. — Il y a aussi des couleurs irisées qui se manifestent à l'intérieur des corps et dont les unes sont dues à des fissures plus ou moins étendues, les autres à des circonstances entièrement inconnues. Parmi ces dernières se trouvent, d'un côté, les belles couleurs irisées qui font rechercher l'*opale ;* de l'autre les teintes vives et variables suivant le plus ou moins d'inclinaison du corps sur la lumière, qui ont fait remarquer et rechercher la *pierre de Labrador*.

PHOSPHORESCENCE.

§ 79. **Définition.** — Si la phosphorescence, comme diverses expériences semblent l'indiquer, se rapporte à l'électricité, elle nous présente des jeux de lumière comme effet, et peut dès lors être indiquée à la suite des phénomènes optiques.

Cette propriété se manifeste par des lueurs plus ou moins vives de diverses couleurs qu'on aperçoit dans l'obscurité, et qu'on peut provoquer dans les minéraux de diverses manières ; savoir : par frottement, par percussion ou compression, par élévation de température, par exposition au soleil.

Phosphorescence par frottement. — Il y a des corps sur lesquels il suffit du plus léger frottement pour en faire jaillir une lueur plus ou moins vive : par exemple, certaines variétés de sulfure de zinc. D'autres, au contraire, ont besoin d'un frottement assez fort, tels que le cristal de roche, la plupart des matières vitreuses, certains marbres, etc., dont il faut souvent frotter avec force deux fragments l'un contre l'autre. Dans ces différents cas, c'est toujours une lumière blanchâtre qu'on obtient dans l'obscurité. La percussion produit des effets analogues, surtout dans les matières clivables : chaque fissure qu'on y produit présente une lumière plus ou moins vive pendant quelques instants, et, lorsqu'on les broie dans un mortier, la masse paraît tout en feu. Le feldspath limpide est surtout remarquable sous ce rapport.

Phosphorescence par la chaleur. — La plupart des substances minérales produisent des lueurs phosphoriques plus ou moins vives par l'élévation de température. Il en est qui exigent pour cela des températures assez élevées et qu'on est obligé de chauffer forte-

Digitized by Google

ment dans des creusets; d'autres ne demandent qu'une chaleur rouge-sombre et même beaucoup moins. Parmi ces dernières, la plus remarquable est la fluorine. Il y en a des variétés, rares à la vérité, qui n'ont besoin que de la température moyenne de notre climat, et qui dès lors brillent toujours dans l'obscurité; d'autres n'ont besoin que de la chaleur de la main. Il en est qui exigent la température de l'eau bouillante, et le plus grand nombre la chaleur rouge-sombre; les premières ne présentent que des lueurs verdâtres, les autres offrent des couleurs beaucoup plus variées.

Il est à remarquer que les fragments de ces matières, soumis à une température rouge, perdent leurs couleurs naturelles, et en même temps la propriété d'être phosphorescents à des températures plus basses. Lorsque ces matières sont devenues blanches par l'effet d'une certaine température, elles ne donnent plus que des lueurs blanches à des températures plus élevées.

La phosphorescence par la chaleur ne paraît avoir aucun rapport avec la phosphorescence par frottement; celle-ci se conserve toujours quoique l'autre ait été perdue. L'état des surfaces influe considérablement sur la production des phénomènes. Un cristal de fluorine limpide qui n'est pas phosphorescent le devient lorsqu'on use ses faces sur un grès et qu'on l'expose alors sur une plaque échauffée pendant quelques secondes. Généralement les cristaux dont les faces naturelles sont vives et brillantes ne sont pas phosphorescents, et le deviennent au contraire quand les surfaces sont dépolies ou lorsqu'on les a brisés en fragments; il est remarquable aussi que souvent ils deviennent phosphorescents lorsqu'on les expose sur la plaque chaude par des faces secondaires, tandis qu'ils ne le sont pas lorsqu'on les place sur les faces primitives. Le diamant acquiert la phosphorescence lorsqu'il est poli, et n'en donne point lorsqu'il est en cristaux naturels.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DIVERSES.

ÉLASTICITÉ.

§ 80. **Définition.** — Beaucoup de substances minérales sont *élastiques*, c'est-à-dire que leurs molécules ont la propriété de se déplacer momentanément et de revenir bientôt à leurs premières positions. Cette propriété est l'inverse de la *ductilité*, où les molécules, une fois déplacées, restent d'une manière permanente dans leurs nouvelles positions : c'est ce qu'on remarque particulièrement dans les métaux, qu'on peut par cela même forger, laminer, étirer en fil à volonté.

Digitized by Google

L'élasticité se manifeste surtout dans les lames ou les plaques de certains corps qui peuvent être plus ou moins courbées, et qui reviennent ensuite à leur état naturel. Cette propriété les distingue de beaucoup d'autres qui sont simplement *flexibles* et qui conservent la courbure qu'on leur a donnée artificiellement.

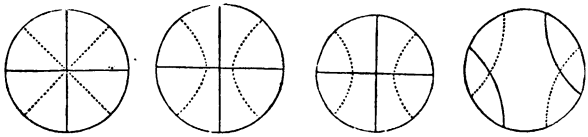
La flexibilité, opposée à la *rigidité*, qu'elle soit ou non accompagnée d'élasticité, se fait surtout remarquer dans les substances qui se divisent naturellement en lames, ou qui se trouvent en filaments très-déliés ; elle se manifeste à un très-haut degré dans les matières qu'on nomme *asbeste* ou *amiante*, qui ne sont que des assemblages de fibres déliées et peu adhérentes, qu'on observe dans différentes substances, § 64. Il y en a des variétés qui sont aussi souples que de l'étoupe de soie.

§ 81. **Axes d'élasticité** — Ce qui est surtout remarquable dans les corps cristallisés, relativement à l'élasticité, c'est que cette propriété n'est pas la même dans toutes les directions, et qu'il y a des lignes de *maxima* et de *minima*, qu'on nomme axes d'élasticité. C'est ce qui se manifeste par les variations de la température ; car M. Mitcherlich a fait voir depuis long-temps que les inclinaisons mutuelles des faces d'un cristal qui n'appartient pas au système cubique présentent alors des différences sensibles, ce qui ne peut provenir que de l'inégalité de dilatation en différents sens. On s'en aperçoit aussi, et d'une manière plus frappante, par les modes de vibration que présentent les plaques taillées en différents sens dans un cristal, comme il résulte des expériences de Savart.

Une lame taillée perpendiculairement à l'axe d'un rhomboèdre donne deux modes de lignes nodales, composés chacun de deux lignes droites rectangulaires, fig. 368, qui produisent sensiblement le même son.

Une lame taillée parallèlement aux faces produit aussi deux systèmes de lignes nodales, mais l'un rectangulaire et l'autre hyperbolique, fig. 369. Le système rectangulaire donne alors le son le plus grave.

368. 369. 370. 371.



Si on taille une lame sur un des angles solides latéraux, parallèlement aux faces d'un rhomboèdre inverse du précédent, § 24, 4°,

Digitized by Google

on obtient aussi deux systèmes nodaux, l'un rectangulaire, l'autre hyperbolique ; mais d'un côté les sommets de l'hyperbole sont plus écartés que les précédents, fig. 370, et de l'autre le système rectangulaire donne le son le plus aigu.

Si la lame taillée sur l'angle est parallèle à l'axe, il se présente encore dans les lignes nodales un système rectangulaire et un système hyperbolique ; mais le premier donne le son le plus élevé.

Enfin, si l'on taille les lames sur les arêtes latérales et parallèlement à l'axe, elles présentent deux systèmes de lignes nodales hyperboliques, fig. 371, qui donnent des sons différents.

Application. — Ces expériences présentent déjà quelque utilité à la cristallographie. Lorsqu'une substance rhomboédrique n'est pas clivable il est impossible de distinguer les deux rhomboèdres inverses l'un de l'autre qu'elle peut présenter, puisqu'ils ont tous deux les mêmes angles ; de même on ne peut distinguer ses deux sortes de prismes hexagones. Or il sera toujours facile de reconnaître ces solides en taillant des plaques parallèlement à leurs faces, et en les faisant vibrer ; car pour le rhomboèdre direct le système nodal rectangulaire donne le son le plus grave, et dans le rhomboèdre inverse il donne le son le plus aigu. Le prisme produit sur les angles donne un système rectangulaire et un système hyperbolique, et l'autre, au contraire, produit deux systèmes hyperboliques.

DURETÉ.

§ 82. **Définition.** — Dans les usages de la vie, on applique l'épithète *dur* de bien des manières différentes. On dit qu'un corps est dur, tantôt parce qu'il résiste à l'action du choc, tantôt par opposition à *mou* ou *flexible,* ou enfin parce qu'on ne peut l'entamer avec un instrument tranchant. En minéralogie on entend par *dureté* le plus ou moins de résistance qu'un corps oppose à l'action de l'entamer, rayer ou user par un autre corps. C'est sous ce rapport que le diamant est le corps le plus dur que l'on connaisse, parce qu'il raye ou use tous les corps et n'est rayé ou usé par aucun ; aussi faut-il employer sa propre poussière pour le tailler et le polir : il ne faudrait pas croire pour cela qu'il résistât de même au choc ; il est au contraire extrêmement fragile.

Rapport avec l'arrangement moléculaire. — La dureté a beaucoup de rapports avec la forme et l'arrangement des molécules qui composent les corps. Dans un même cristal, elle n'est pas exactement la même dans tous les sens : certaines faces se rayent plus facilement que d'autres, et certains angles solides possèdent

Digitized by Google

à un plus haut degré que les autres la propriété de rayer tel ou tel corps. Les variétés cristallisées d'un corps ne sont pas comparables à celles qui sont formées par agrégation confuse. La dureté n'est pas comparable non plus dans les cas de dimorphisme : ainsi l'arragonite raye fortement le carbonate de chaux ordinaire, et n'en est pas rayée, de même que l'acier trempé raye l'acier recuit et offre une résistance beaucoup plus considérable à tous les corps par lesquels on cherche à l'user.

Application. — On se sert de la dureté pour distinguer différents corps les uns des autres : c'est ainsi qu'on distinguera toujours le diamant, qui raye tous les corps, le rubis et le saphir, qui les rayent aussi et ne sont rayés que par le premier ; de même on distinguera les pierres précieuses de tous les verres colorés par lesquels on cherche à les imiter, car toutes ces pierres rayent le verre et n'en sont pas rayées : le carbonate de chaux cristallisé ne se confondra pas avec le gypse, que l'ongle même raye avec facilité. Cependant la distinction n'est bien apparente que pour quelques extrêmes, et l'on ne connaît pas encore de moyens de l'évaluer pour des corps très-rapprochés. On a pris pour cela dix substances de plus en plus dures pour termes de comparaison, savoir : 1 le talc, 2 le gypse, 3 le calcaire, 4 le fluor, 5 l'apathite, 6 le feldspath, 7 le quarz, 8 la topaze, 9 le corindon (rubis et saphir), 10 le diamant. On indique alors la dureté d'un corps par des nombres intermédiaires entre ceux que nous avons joints à ces substances : c'est ainsi que la dureté de l'émeraude est exprimée par 7, 8, qui indique qu'elle est entre le quarz et la topaze.

§ 83. **Choc du briquet.** — On donne quelquefois aussi comme caractère la propriété de faire feu avec le briquet. C'est un effet composé de la dureté et de la ténacité : de la dureté parce qu'il faut que la substance puisse entamer l'acier, dont la parcelle, lancée rapidement dans l'air, s'enflamme et produit l'étincelle ; de la ténacité, parce qu'il faut que la pierre résiste suffisamment au choc. Le diamant ne produit pas d'étincelles, parce que, s'il est plus dur que les autres corps, il est trop fragile ; le cristal de roche ne donne pas autant d'étincelles que la pierre à fusil, qui est de même nature, parce qu'il a moins de ténacité.

POIDS SPÉCIFIQUES.

§ 84. **Définition ; applications.** — Sous un volume déterminé, chaque corps a son poids particulier ou, suivant l'expression reçue, son poids spécifique. Ainsi une balle de plomb pèse plus qu'une

Digitized by Google

bille de marbre de même calibre, celle-ci plus qu'une bille d'ivoire, etc., une pièce d'or pèse plus qu'une pièce d'argent du même volume; et il en est de même de tous les corps, qu'on peut ainsi distinguer les uns des autres. Il y a des corps qui sont tellement différents qu'il suffit d'en prendre deux morceaux à peu près égaux pour les distinguer à l'instant. On ne confondrait jamais, par exemple, le platine avec l'argent, qui pèse moitié moins, ni avec l'étain, qui ne pèse guère que le tiers; l'or ne se confondrait pas davantage avec le cuivre jaune, le sulfate de baryte avec le calcaire, la topaze avec l'ambre jaune, etc., et l'on pourrait citer une multitude d'autres corps. Cependant il y a un grand nombre de substances qui diffèrent beaucoup moins les unes des autres, et qu'on ne peut dès lors distinguer que par des évaluations précises,

Moyens d'évaluation. — On est convenu d'évaluer tous les poids spécifiques par comparaison à un corps déterminé, et c'est l'eau qu'on a choisie pour établir ce rapport; d'un côté parce que c'est un liquide, et que dès lors il est toujours facile, par le principe d'Archimède, de connaître le poids d'un volume exactement égal à celui de tout autre corps; de l'autre, parce que ce liquide se trouve partout. Il est également convenu de ramener les évaluations à la température de 18° centigrades et à l'eau distillée. Les nombres indiqués dans les tables expriment donc que les corps auxquels ils se rapportent sont deux fois, trois fois....., vingt fois, etc., plus pesants que l'eau sous le même volume, ou qu'ils pèsent la moitié, le tiers, le quart, etc., de ce liquide.

Pour prendre le poids spécifique d'un corps, on le pèse d'abord dans l'air pour avoir son poids réel, puis on le pèse dans l'eau pour connaître la perte qu'il y fait, ce qui donne le poids d'un volume d'eau égal au sien, et on prend le rapport des deux nombres. C'est ainsi qu'ont été construites les tables de poids spécifiques.

Observations. — Il faut remarquer que le poids spécifique varie dans le même corps avec les diverses structures qu'il peut avoir, parce que ces structures déterminent toujours de petits vides accidentels plus ou moins nombreux. Ce sont en général les petits cristaux qui donnent les poids spécifiques les plus forts, les gros étant formés par des groupements qui déterminent également des vides. Pour avoir des poids comparables, le moyen le plus sûr est de réduire toujours ces corps en poudre grossière qu'il convient d'imbiber d'eau chaude pour dégager les bulles d'air qui pourraient y adhérer. Par ce moyen, on obtient toujours le même poids spécifique, quelle que soit la variété de corps sur laquelle on opère.

Digitized by Google

Pour les usages de la vie, c'est le poids spécifique sous la structure réelle qu'il faut avoir; parce que c'est là ce dont on a besoin pour calculer, par exemple, le poids d'un volume déterminé d'un corps qu'on doit employer pour une construction. Dans ce cas, si le corps est susceptible de s'imbiber d'eau, il faut le peser après l'imbibition complète, pour reconnaître le poids de l'eau dont il a été pénétré, et ajouter ce poids à la perte observée.

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

§ 85. **Peu d'importance de l'électricité.** — Toutes les substances minérales sont susceptibles de s'électriser, soit par l'un soit par l'autre des moyens connus, et elles diffèrent en général les unes des autres soit sous le rapport de la faculté conductrice, soit sous celui de l'espèce d'électricité acquise, ou du plus ou moins de facilité à l'acquérir, et du temps pendant lequel elles la conservent.

Cependant ces caractères ont peu d'importance par suite de la difficulté que l'on trouve aujourd'hui à expliquer les nombreuses exceptions qui se présentent. Par le frottement, les variétés cristallines ne prennent pas toujours la même espèce d'électricité que celles qui sont produites par agrégations irrégulières. Il arrive même que deux cristaux de la même substance prennent des électricités différentes, et qu'un cristal même acquiert par le frottement de l'une de ses faces une espèce d'électricité, tandis que par le frottement de l'autre il acquiert une électricité opposée, et cela sans qu'on puisse remarquer à l'œil la moindre différence.

Sous le rapport de la facilité à s'électriser il y a de grandes différences dans les substances ; il en est, comme le spath d'Islande et la topaze, qu'il ne faut pour ainsi dire que toucher, tandis que d'autres ne s'électrisent qu'avec la plus grande difficulté. Ces mêmes substances conservent aussi la vertu électrique acquise pendant plusieurs jours; et d'autres, comme le quarz et le diamant, la perdent pour ainsi dire aussitôt. Ces faits seraient sans doute fort importants, mais ils présentent des exceptions analogues aux précédentes.

Il y a des substances qui manifestent la vertu électrique par une élévation de température; mais dans la même espèce il y a de grandes différences relativement au degré de chaleur où le phénomène se manifeste.

On ignore jusqu'à présent à quoi tiennent toutes ces différences; seulement il est à présumer qu'elles sont en rapport avec l'état des surfaces, qu'on ne sait pas suffisamment apprécier, ou en général avec l'état moléculaire du corps.

Digitized by Google

§ 86. **Électricité polaire.** — Un des phénomènes les plus remarquables est la propriété, qu'on trouve dans certaines substances, de manifester l'état électrique par une température uniformément croissante, en présentant alors une espèce d'électricité à l'une des extrémités et une espèce différente à l'autre, ou, comme l'on dit, en offrant des pôles électriques. Une température uniformément décroissante détermine les mêmes effets; mais alors les pôles sont renversés.

Ce qui est fort remarquable, c'est la relation de ces phénomènes avec les circonstances cristallographiques. Les substances qui présentent l'électricité polaire (boracite, tourmaline, etc.) offrent cette particularité que les deux pôles, qui sont géométriquement identiques, présentent des modifications tout à fait différentes, § 44; circonstance qui conduit à admettre des constitutions moléculaires particulières que l'on reconnaîtra peut-être pour cause du phénomène électrique.

§ 87. **Électrosope.** — Malgré le peu d'importance de la plupart des phénomènes électriques, rappelons cependant les moyens d'observation. Pour reconnaître si un corps est électrisé, il suffit de le présenter à un corps mobile à l'état naturel, qui est alors attiré. Pour connaître l'espèce d'électricité, il faut donner au corps mobile une électricité connue : si alors le corps électrisé exerce une répulsion, il a la même électricité que celle de l'instrument; s'il exerce une attraction, il possède l'électricité contraire.

Un cheveu fixé quelque part est fort commode comme corps mobile naturel, et un autre fixé à un bout de cire à cacheter, qui par le frottement acquiert l'électricité négative, est tout ce qu'il faut pour reconnaître l'espèce d'électricité du corps.

§ 88. **Magnétisme.** — L'action sur le barreau aimanté est extrêmement limitée, car jusqu'ici il n'y a que le fer qui se trouve dans la nature à des états où il puisse produire quelque effet. A l'un de ces états il agit purement par attraction et de la même manière sur l'un et l'autre pôle : il est attirable. Sous les autres états (oxyde noir et sulfure magnétique) le même point du minéral agit par attraction sur l'un des pôles et par répulsion sur l'autre; c'est-à-dire que le minéral a lui-même des pôles.

ACTION SUR LE TOUCHER.

§ 89. **Faculté conductrice.** — Les substances minérales ont pour la chaleur des facultés conductrices fort différentes; de là résulte que, placées dans la main, elles produisent des impressions de froid

Digitized by Google

plus ou moins marquées, dont on peut souvent se servir pour les distinguer. Ainsi on ne confondra jamais le cristal de roche et le verre ; le premier produisant une impression de froid qui se prolonge, le second produisant une sensation moins vive et de plus courte durée. Le diamant, le saphir ou le rubis, la topaze, les carbonates et sulfates de chaux, le succin (ambre jaune), les bitumes, les matières charbonneuses, offrent sous ce rapport des différences très-tranchées qui ne peuvent manquer de les faire reconnaître. Avec de l'habitude, on parvient par ce moyen, auquel se joint alors le poids spécifique, à distinguer un grand nombre de substances sans même les regarder.

Il y a aussi des substances qui produisent une impression de chaleur ; mais cette impression est le résultat d'une action chimique : elle est produite alors par des acides libres qui se trouvent dans diverses matières en décomposition, et principalement dans celles qui proviennent des solfatares.

§ 90. **Onctuosité, âpreté.** — Il existe des corps qui présentent au toucher une onctuosité remarquable, et particulièrement ceux qui renferment une grande quantité de magnésie. Cette propriété est surtout très-développée dans la substance qu'on nomme *stéatite*, précisément à cause de cela, et dont on emploie la poussière pour faire glisser les bottes : elle se retrouve à des degrés moindres dans beaucoup d'autres matières, telles que le *graphite*, dont on fait les crayons dits de mine de plomb, dans diverses espèces d'argiles, etc. ; et, ce qui est assez important, elle varie peu dans la même substance, de sorte qu'avec de l'habitude on peut assez facilement en reconnaître plusieurs par ce moyen.

Il y a aussi beaucoup de corps qui, soit en masse, soit en poussière, sont au contraire *âpres au toucher*, et que dès lors il est impossible de confondre avec les précédents.

On distingue comme intermédiaires des corps *maigres au toucher*. Ce sont le plus ordinairement des matières avides d'eau qui enlèvent à l'instant le peu d'humidité qui se trouve sur les doigts, et dès lors produisent une rudesse particulière. Ces matières se distinguent quelquefois par le *happement* à la langue, sorte d'adhérence qu'elles contractent avec l'organe en s'emparant de son humidité naturelle; adhérence qui est quelquefois telle que la matière, toutefois peu solide, y laisse une portion de sa masse.

Digitized by Google

ODEUR ET SAVEUR.

§ 91. **Odeurs propres.** — Les odeurs sont plus fréquentes et plus nombreuses dans le règne minéral qu'on ne le pense habituellement; et il y a un grand nombre de corps qu'on peut distinguer par ce moyen, qui nous sera surtout très-utile dans les essais chimiques. Il y a des odeurs propres et des odeurs accidentelles : les unes et les autres se présentent tantôt immédiatement, tantôt par frottement, par élévation de température ou par combustion.

Les odeurs propres immédiates sont fournies par le naphte et le pétrole, le chlore, l'acide sulfureux, et même par certains métaux qui se distinguent facilement par ce moyen, comme l'étain, le fer, et le cuivre. Beaucoup d'autres corps produisent une odeur caractéristique par la combustion, comme le soufre et les sulfures, le sélénium qui produit une odeur de raifort, l'arsenic qui donne une odeur d'ail très-prononcée, le succin et diverses matières résineuses, qui donnent des odeurs tantôt agréables, tantôt fétides; les bitumes, qui offrent une odeur *sui generis*.

Le frottement produit aussi le dégagement de certaines odeurs, comme dans quelques variétés de succins, dans le quarz et toutes les matières siliceuses, qui, frottées l'une contre l'autre, produisent toujours une odeur particulière capable de les faire reconnaître. L'insufflation développe aussi diverses variétés d'odeurs sur plusieurs substances terreuses; on ne confondra pas, par exemple, au moyen de ce caractère, la craie, le tripoli, la magnésie terreuse, la terre de Cologne, etc.

§ 92. **Odeurs accidentelles.** — Beaucoup de matières offrent des odeurs qui sont dues à des corps étrangers mélangés, ou retenus dans leurs pores. Il en est qui se dégagent aussitôt que la matière est sortie du sein de la terre, et qui disparaissent après un certain temps; mais le plus souvent c'est par le frottement qu'elles se manifestent. Beaucoup de pierres calcaires dégagent alors une odeur fétide, bitumineuse et animale, comme cela a lieu dans l'espèce de marbre nommé *petite granite*, dont la plupart de nos meubles sont aujourd'hui couverts. Dans quelques autres matières, c'est une odeur d'hydrogène sulfuré, et même d'hydrogène arsénié. Ces odeurs sont souvent attribuées à la décomposition des matières organiques qui ont été enfouies dans le sein de la terre; mais il est à remarquer qu'il s'en produit d'analogues dans des substances, même cristallines, qui se trouvent dans les terrains de cristallisation, vraisemblablement produits par le feu, et que dès lors elles y sont dues à d'autres causes.

Digitized by Google

§ 93. **Saveurs.** — Il ne peut exister de saveur que dans des matières solubles, dont il ne se trouve qu'un très-petit nombre dans la nature, parce qu'elles sont tôt ou tard dissoutes par les eaux. Ainsi ce caractère, si utile pour la distinction des sels artificiels, devient peu important pour la minéralogie. Nous nous contenterons d'indiquer la saveur acide que certaines eaux empruntent aux acides sulfurique et hydrochlorique, la saveur salée que présente le sel commun, la saveur astringente des sulfates d'alumine, de fer, de zinc, de cuivre, qu'on rencontre çà et là en efflorescence, et la saveur alcaline du sous-carbonate de soude.

DÉLIQUESCENCE ET EFFLORESCENCE.

§ 94. La déliquescence est la faculté que possèdent certains corps d'attirer l'humidité de l'atmosphère et de se dissoudre à mesure dans l'eau qui en résulte. Le sel commun est légèrement déliquescent; mais il y a beaucoup de sels qui le sont fortement, et c'est sans doute pour cela qu'on ne les trouve pas à la surface de la terre : ils sont tous entraînés dans les mers, où la plupart se trouvent à l'état de chlorure.

L'efflorescence est la propriété qu'on trouve dans d'autres corps de tomber en poussière ; souvent elle est due à la perte d'une certaine quantité d'eau en proportion définie, et par conséquent à un changement chimique : c'est ce qui a lieu, par exemple, dans les carbonates, sulfates et phosphates de soude. Mais il y a des cas où il n'en est pas ainsi, et où le corps tombe en poussière sans rien perdre de sa composition. On suppose qu'alors le phénomène est dû à un changement dans l'arrangement géométrique des molécules, en se fondant sur ce que les sels soumis à des cristallisations forcées ne peuvent conserver long-temps leur forme, et que plusieurs autres, soumis à une température plus ou moins élevée, présentent dans leur intérieur des fissures dirigées sous un nouveau système de cristallisation qui en diminuent la cohésion et permettent bientôt la réduction en poussière.

Digitized by Google

COMPOSITION CHIMIQUE DES MINÉRAUX.

§ 95. **Corps simples naturels.** — Quelques-uns des corps que l'on considère comme simples dans l'état actuel de la science se trouvent assez fréquemment à l'état libre, ou, suivant l'expression reçue, à l'*état natif*, dans la nature. Tels sont aujourd'hui :

Antimoine,	Carbone,	Oxygène,
Argent,	Chlore,	Palladium,
Arsenic,	Cuivre,	Platine,
Azote,	Mercure,	Soufre,
Bismuth,	Or,	Tellure.

Tous les autres n'ont jamais été observés qu'à l'état de combinaison, deux à deux, trois à trois, etc. ; et c'est par l'art qu'on est parvenu à les obtenir à l'état de pureté. Ces combinaisons extrêmement variées constituent un très-grand nombre de corps dont le minéralogiste doit s'occuper.

Il y a trois parties essentielles dans les recherches qui sont nécessaires pour arriver à connaître et à comparer les compositions diverses que peuvent présenter les minéraux :

1° L'*essai chimique*, qui conduit à connaître la nature et le nombre des éléments qui constituent un corps ;

2° L'*analyse*, qui a pour objet de déterminer en poids les quantités relatives de chacun des corps ;

3° La *discussion des analyses*, qui, en partant des lois générales reconnues dans la combinaison des corps, a pour objet d'éliminer ce qu'il peut y avoir d'accidentel.

§ 96. **Corps électro-positifs et électro-négatifs.** — Rappelons les principes les plus généraux de la composition des corps. Lorsqu'on vient à détruire, par l'action de la pile voltaïque, une combinaison préalablement effectuée, on observe toujours que l'un des composants, soit simple, soit même formé de plusieurs éléments, se porte au pôle positif, et l'autre, au contraire, au pôle négatif : d'où l'on a conclu que le premier possédait par lui-même l'électricité négative, en vertu de laquelle il se trouvait attiré et fixé au pôle positif, tandis que l'autre possédait l'électricité positive. D'après cela, on a nommé les premiers corps *électro-négatifs*, et les autres corps *électro-positifs*. La combinaison a été regardée comme le résultat de cette opposition et l'on a conçu qu'il y avait combinaison entre deux corps toutes les fois que l'un pouvait être électro-négatif par rapport à l'autre, qui est alors électro-positif ; qu'il n'y avait pas combinaison entre deux corps du même état

Digitized by Google

électrique, et qu'entre deux corps peu différents sous ce rapport la combinaison avait peu de stabilité.

Les matières éminemment électro-négatives sont, parmi les corps simples : l'*oxygène*, le *chlore*, le *brome*, l'*iode*, le *fluor*, l'*arsenic*, le *sélénium*, l'*antimoine*, le *tellure*, le *mercure*, etc., dont le premier est le plus énergique. Parmi les corps oxygénés, ceux qui renferment le plus d'oxygène sont le plus souvent électro-négatifs par rapport à ceux qui en renferment le moins ; ceux qui sont doués des propriétés acides sont généralement les plus énergiques et se combinent avec la plupart des autres.

D'après cela, on distingue toujours deux sortes de corps dans une combinaison quelque compliquée qu'elle soit : les *corps électro-négatifs*, qu'on nomme souvent *acides* dans les corps oxygénés ; et les *corps électro-positifs*, qu'on nomme généralement *bases*.

ESSAI CHIMIQUE DES MINÉRAUX.

§ 97. **Observations générales.** — Les opérations nécessaires pour reconnaître la nature des corps peuvent toujours se faire sur des parcelles infiniment petites, de manière à n'avoir besoin que d'une petite table pour tout laboratoire, à n'employer qu'une goutte d'acide quand cet agent est nécessaire, à évaporer en quelques minutes les liquides surabondants, sans en redouter les vapeurs. Sous ces conditions, les essais les plus compliqués peuvent se faire partout et dans un temps très-court, que l'habitude de distinguer les minéraux peut même infiniment réduire. Les instruments, les vases, les réactifs se réduisent alors à de si petites proportions, qu'on peut avec facilité les transporter en voyage.

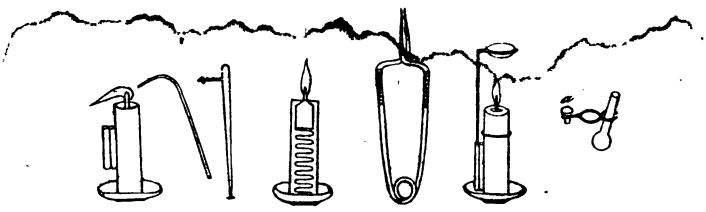
Instruments. — Pour opérer la fusion des corps, soit seule, soit avec des réactifs, on se sert du *chalumeau*, ou tube courbé employé par beaucoup d'ouvriers pour souder les métaux ; on en dirige la pointe sur la flamme d'une lampe ou d'une chandelle, et, en soufflant, on projette un dard de flamme extrêmement actif, fig. 372, devant lequel un grand nombre de corps peuvent se fondre. Le chalumeau, formé d'un tube conique de fer-blanc et d'un petit tube transverse placé à une certaine distance du fond, fig. 373, est très-convenable, parce que s'il s'introduit un peu de salive elle n'est pas projetée sur la pièce d'essai : en renversant le tube, elle s'égoutte facilement.

Pour chandelier on peut avoir un tube de fer-blanc rempli par un ressort à boudin, fig. 374, au-dessus duquel on place un bout de chandelle dont la mèche vient sortir par l'ouverture. La partie su-

Digitized by Google

périeure de ce tube doit présenter une cavité qu'on remplit de suif destiné à préserver la chandelle d'une trop grande chaleur.

372. 373. 374. 375. 376. 377.



Remarquons qu'en chauffant un corps à l'extrémité du jet de flamme au contact de l'air, on l'oxyde de plus en plus s'il en est susceptible ; en le chauffant, au contraire, dans l'intérieur de la flamme, dont il se trouve alors entouré de toutes parts, le corps se désoxyde. Ces deux manières d'opérer se distinguent, la première sous le nom de *feu d'oxydation*, la seconde sous le nom de *feu de réduction*.

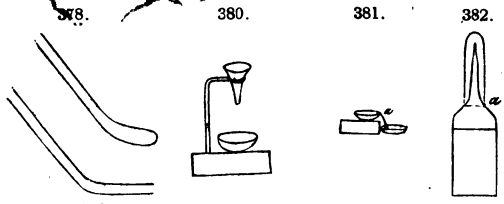
Pour soumettre un corps à l'action du feu, on le place quelquefois à l'extrémité d'une pince, fig. 375, formée d'un fil de fer tourné de manière à faire ressort, et dont les extrémités sont terminées par des fils de platine. Plus souvent encore on place le corps sur un *charbon* ou bien sur une feuille mince de platine qu'on emboutit en forme de capsule à une de ses extrémités, pour opérer plus facilement avec les réactifs. Quelquefois, dans ce dernier cas, on emploie de très-petites coupelles, qu'on place dans un trou du charbon, et sur lesquelles on met la matière d'essai avec le fondant. Cette manière de procéder procure l'avantage de pouvoir conserver le résultat de l'essai en collant ensuite la coupelle sur un carton.

Quand il s'agit d'évaporer des liquides on se sert de très-petites capsules minces de porcelaine, ou mieux de platine, qu'on place sur un support en fil de fer courbé à angle droit, et terminé en anneau, qui peut s'adapter au chandelier par sa portion verticale, fig. 376.

Si l'on a besoin de traiter une substance à chaud par un acide, on emploie, pour éviter une évaporation trop rapide, un *petit matras* en verre soufflé, fig. 377, ou simplement un tube droit fermé à l'extrémité ; on soutient ce tube auprès de la flamme de la chandelle au moyen d'une pince de fil de fer fixée à un bouchon, *a*, qu'on enfile sur la branche du support précédent.

Digitized by Google

Pour récolter les matières susceptibles de se sublimer par la chaleur, on emploie des tubes courbés et fermés à l'extrémité la plus courte, fig. 378, où l'on place la pièce d'essai : on chauffe alors cette partie plus ou moins, et la matière volatilisée se condense à la partie supérieure qu'on tient à la main.



379.

Souvent les matières renfermées dans le corps ne sont pas immédiatement volatiles, mais peuvent le devenir par l'oxydation ; on emploie alors un tube ouvert, fig. 379, à l'extrémité inférieure duquel on place la matière, et on la chauffe au feu d'oxydation. La matière volatile formée se porte alors vers la partie supérieure et s'y dépose; ou bien, si elle ne se dépose pas, on reconnaît sa présence par l'odeur qui se dégage.

Quand on a indispensablement besoin de filtrer, ce qu'on doit en général éviter, on se sert d'un très-petit entonnoir de verre soufflé, dans lequel on place un cornet de papier. On soutient l'entonnoir sur un fil de fer coudé et terminé en anneau, qu'on fixe dans une plaque de liége qui sert de support à la capsule où l'on reçoit le liquide clair, fig. 380. On évite presque toujours la filtration en tirant le liquide à clair ; pour cela on met dans la capsule qui le renferme une petite bande de papier joseph, *a*, fig. 381, qui fait alors l'office de siphon. Quand on veut laver un précipité, on place une capsule d'eau distillée au-dessus de la première et on établit l'écoulement par un autre siphon.

Joignons à ces petits instruments un très-petit verre à patte, dont on a rarement besoin, quelques petits verres de montre, des lames de verre, de cuivre, d'étain, de zinc et de fer, dont nous verrons plus tard l'usage ; enfin quelques petits tubes en verre plein, pour agiter. Un petit marteau n'est pas inutile pour détacher une parcelle du minéral quand il est dur ; mais on peut toujours y suppléer par le dos de la lame d'un couteau. Un petit mortier d'agate et son pilon sont commodes pour pulvériser les corps durs, mais on peut y suppléer de bien des manières.

Digitized by Google

On se procurera enfin la série des réactifs dont nous allons nous servir et dont la plupart peuvent être pris, si l'on veut, à l'état solide.

§ 98. **Conduite générale des essais.** — Pour arriver le plus promptement possible à la connaissance de la composition d'un corps, il est nécessaire de suivre une marche régulière dans les essais qu'il faut tenter. Parmi toutes les méthodes qu'on peut imaginer, j'ai préféré celle qui consiste à chercher d'abord la nature du corps électro-négatif que peut renfermer la substance et à procéder ensuite à la recherche des bases. Je ne me suis pas borné uniquement à employer la voie sèche ou la voie humide ; mais j'ai mêlé ces deux moyens d'exploration, pour lever les incertitudes de l'un ou de l'autre et éviter des longueurs ou des difficultés. Je commence par des essais très-simples, qui suffisent pour reconnaître beaucoup de corps, et ce n'est qu'en dernier lieu que j'arrive à des essais plus compliqués, qui, heureusement, se rapportent aux substances qu'on rencontre moins communément.

On commence souvent par essayer si le corps proposé est fusible ou infusible, ce qui suffit quelquefois pour se décider entre quelques substances à l'idée desquelles on a été conduit par la première vue du minéral. C'est ainsi, par exemple, qu'on peut se décider entre un rubis et un grenat, le premier étant infusible, le second fusible, ou bien entre le cristal de roche et l'émeraude incolore, qui sont dans le même cas ; entre le platine et l'argent, etc. Mais cet essai ne dit rien de positif relativement à la nature du corps, qu'il faut examiner plus attentivement.

Les réactifs qu'on emploie doivent avoir le plus grand degré de pureté possible, et il faut avoir la plus grande attention à ne pas les salir soit en plaçant les bouchons au hasard sur des corps qu'ils pourraient enlever, soit en portant les tubes dont on se sert pour les prendre, d'un flacon dans l'autre, sans les avoir exactement nettoyés. Pour éviter ce dernier inconvénient, chaque bocal ou chaque flacon doit avoir son tube particulier et fixé dans le bouchon même lorsque celui-ci est en liége : il faut alors avoir soin de remettre chaque bouchon à sa vraie place, et pour cela il convient de tout numéroter. On ne doit jamais toucher les liqueurs d'essai avec les tubes, et il faut y faire simplement tomber les réactifs qu'ils portent.

Nous avons fait faire, pour renfermer les acides et les réactifs liquides, des flacons terminés en pointe, avec une ouverture capillaire, qui se recouvrent par un capuchon de verre sur lequel ils sont rodés, fig. 382. Pour les remplir, il suffit de les chauffer et de plonger ensuite le bout dans le liquide. Pour s'en servir on les prend à la

Digitized by Google

main, dont la chaleur suffit pour dilater l'air et faire tomber une goutte de liquide en les renversant. Ces flacons ne laissent dégager aucune vapeur lorsqu'on a soin de graisser le capuchon par en bas (1).

RECHERCHES DES CORPS ÉLECTRO-NÉGATIFS.

§ 99. — Il y a sept espèces d'essais principaux à faire pour parvenir à reconnaître la nature des principes électro-négatifs qui peuvent se rencontrer dans un composé naturel, d'après les connaissances que nous avons ; savoir :

1° Chauffer le corps dans le tube fermé ; on reconnaît alors :

Hydrates.	par des gouttelettes d'eau (2).
Hydrargures.	par des gouttelettes de mercure.
Oxyde d'antimoine. . .	par un sublimé blanc non cristallin, qu'on peut faire volatiliser, en chauffant, d'un point à l'autre du tube.

2° Chauffer dans le tube ouvert pour reconnaître ce que l'oxydation peut produire ; on distingue alors :

Séléniures.	par l'odeur de chou pourri.
Arsenic et arséniures. .	par l'odeur d'ail.
Antimoine et antimoniures.	par des vapeurs blanches qui produisent un sublimé volatilisable d'un point à l'autre du tube.
Tellure et telluriures .	par une vapeur blanche qui, après s'être déposée, peut être fondue sur le tube en gouttelettes limpides par la chaleur.
Soufre et sulfures. . . .	par l'odeur de soufre brûlé (3).

3° Chauffer dans le tube fermé, après avoir réduit le minéral en poudre et l'avoir mêlé avec du charbon, dont l'effet est de desoxyder certains corps ; on reconnaîtra :

Acide arsénieux.	par l'odeur d'ail.
Arsénites et arséniates.	

(1) On trouvera des boîtes d'ustensiles et de réactifs chez MM. Boyveau et Pelletier, rue des Francs-Bourgeois-Saint-Michel, n° 8.

(2) Indépendamment de l'eau, le minéral peut renfermer un autre corps électro-négatif.

On peut essayer cette eau en introduisant dans le tube une bandelette de papier réactif. Le papier de tournesol, en rougissant, indique un acide ; le papier Fernambouc, en prenant une belle couleur jaune, indique particulièrement l'acide hydrofluorique. Le curcuma rougit avec les alcalis.

(3) Certains sulfures ne produisent pas cet effet, et ne sont dès lors reconnus que par le quatrième essai.

Digitized by Google

Acide sulfurique.	par l'odeur de soufre brûlé.
Quelques sulfates. . . .	par la saveur d'œuf pourri.
Azotates.	parce qu'ils fusent (produisent l'effet d'une fusée pendant l'opération (1).

4° Chauffer le corps avec un mélange de charbon et de sous-carbonate de soude, pour opérer une désoxydation et une nouvelle combinaison ; on distingue dans ce cas :

Sulfates et sulfures. . .	par la saveur d'œuf pourri du résidu, ou le dégagement d'hydrogène sulfuré par l'action de l'eau acidulée (2).

5° Faire agir l'acide azotique, au moyen duquel on reconnaît :

Carbonates.	par l'effervescence qui se produit soit à froid, soit à chaud.
Quelques borates	par un résidu blanc qui donne à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme verte.
Quelques silicates. . . .	faisant alors une gelée qui n'est autre chose qu'un précipité gélatineux de silice.

6° Fondre le corps avec le double phosphate de soude et d'ammoniaque (3), pour reconnaître :

Fluor.	par des vapeurs qui corrodent le verre et jaunissent le papier de Fernambouc (si l'on opère dans le tube ouvert), ou par un anneau de corrosion autour de la pièce d'essai (dans le tube fermé).
Chlore.	en fondant d'abord le double sel avec un peu d'oxyde de cuivre et ajoutant ensuite la matière d'essai. S'il y a du chlore, la flamme se colore en bleu-pourpré (4).

7° Chauffer, et quelquefois fondre réellement, avec le sous-carbonate de soude, pour décomposer certains sels par un échange de base. L'acide du minéral se porte sur la soude et forme un nouveau sel, qui est soluble ou insoluble dans l'eau.

S'il se fait un sel soluble, on ajoute un peu d'acide à la solution,

---

(1) Quelques oxydes sont réduits dans ce traitement, mais nous ne nous servirons pas de ce caractère.

(2) les sulfures se reconnaissent à ce qu'ils produisent le même effet sans addition de charbon.

(3) L'ammoniaque est alors dégagé, et l'acide phosphorique mis à nu réagit sur le corps. Il y a ici essai par la voie sèche au moyen d'un acide.

(4) Le brome, caractérisé, § 100, 4°, produit aussi une flamme bleue. L'iode donne une flamme verte.

Digitized by Google

pour décomposer le sous-carbonate de soude surabondant, et on reconnaît ensuite :

Acide phosphorique. . .	si la liqueur précipite en jaune par l'azotate d'argent.
Acide chromique.	si elle précipite alors en rouge.
Acide vanadique. . . .	précipité jaune qui blanchit promptement.
Acides molybdique, tungstique et tantalique .	si la solution devient bleue sur une lame d'étain (1).
Silice (acide silicique) . . .	si la solution, ne bleuissant pas sur une lame d'étain, donne un précipité blanc par l'addition d'un acide, soit immédiatement, soit pendant l'évaporation.

Si le résultat du traitement est insoluble dans l'eau, il peut se dissoudre plus ou moins facilement dans l'acide hydrochlorique ; et l'on reconnaît ensuite :

Silice.	si la solution, évaporée et reprise par l'eau, laisse un résidu qui ne donne aucune couleur par la fusion avec le double phosphate.
Acide titanique.	si le résidu de ce traitement donne, avec le double phosphate, un verre bleu-violâtre au feu de réduction.
Alumine.	s'il ne fait pas de résidu, et si la solution donne par l'ammoniaque un précipité floconneux attaquable par la potasse caustique.

§ 100. **Notes sur ces essais.** — Nous réunirons ici quelques observations sur les essais que nous avons indiqués pour la recherche des corps électro-négatifs, et sur quelques autres qu'on pourrait faire.

1° En chauffant dans un tube fermé, on peut reconnaître aussi plusieurs autres corps ; savoir :

Séléniures.	par un sublimé rouge.
Arsenic et arséniures. .	par un sublimé de petis cristaux métalliques.
Acide arsénieux et arsénites.	par un sublimé de petits cristaux blancs.
Tellure et telluriures. .	par un sublimé gris non cristallin.

Mais ces corps se distinguent plus facilement par le second mode d'essai, §§ 99.

(1) La solution précipite en blanc par un acide. C'est en essayant ces précipités qu'on peut distinguer les trois corps. L'acide molybdique produit un verre vert en le fondant avec le double phosphate de soude et d'ammoniaque. L'acide tungstique produit un verre bleu, et l'acide tantalique un verre incolore.

Digitized by Google

2° Dans le tube fermé, avec du charbon, on peut reconnaître les acides antimonieux et antimonique, qui donnent alors les caractères de l'oxyde d'antimoine, § 99, 1°.

3° On pourrait faire un essai en chauffant le corps avec l'azotate de potasse, et on découvrirait alors :

Le carbone.	parce que le mélange fuse aussi pendant l'opération.
L'osmium.	parce que l'osmiure d'iridium, où il se trouve, donne une vapeur blanche qui a l'odeur du chlore; le résidu noir donne à l'acide hydrochlorique une couleur bleue caractéristique de l'iridium.

4° On pourrait essayer les corps par l'acide sulfurique dans le tube fermé, et on reconnaîtrait alors :

Le fluor.	par les vapeurs qui corrodent le verre.
L'iode.	par les vapeurs violettes qui se dégagent.
Le chlore.	à l'odeur particulière qui se produit lorsque le corps a été préalablement mêlé avec le peroxyde de manganèse.
Le brome.	par les vapeurs rutilantes qui se dégagent à la suite d'un tel mélange.
L'acide azotique.	par les vapeurs rutilantes qui se dégagent lorsqu'on a ajouté de la limaille de cuivre.

5° Les chromites, lorsqu'ils sont traités au feu d'oxydation dans le septième essai, produisent les mêmes résultats que les chromates. Pour les distinguer, il faut recommencer le même essai dans le tube fermé : la matière qu'on obtient est verte si la substance est un chromite ; elle est jaune si c'est un chromate.

RECHERCHE DES BASES.

§ 101. On aura déjà reconnu, par les essais précédents, la présence de l'arsenic, de l'antimoine et du sélénium, dont les deux premiers surtout servent aussi quelquefois de base, principalement dans les sulfures. Pour les autres corps, il y a six sortes d'essais principaux à faire.

1° Chauffer la substance sur le charbon, au feu de réduction, pour reconnaître s'il y a du

Cadmium.	par l'auréole orangée qui se forme dès le premier coup de feu.

2° Chauffer sur la feuille de platine avec le sous-carbonate de soude ; on reconnaît alors :

Digitized by Google

Manganèse. . . . . si la matière fondue est d'un vert bleuâtre.

Chrome . . . . . si la matière fondue devient alternativement vert-pré au feu de réduction, et jaune au feu d'oxydation.

3° Fondre la matière avec le borax, après l'avoir préalablement grillée au feu d'oxydation; on reconnaît alors les moindres traces de

Cobalt. . . . . par la couleur bleue du verre qu'on obtient.

4° Traiter le minéral par l'acide azotique, soit immédiatement, soit après le traitement par le sous-carbonate de soude, § 99, 7°.

Si le corps renferme des matières non oxydées, on s'en aperçoit aussitôt par les vapeurs rutilantes qui se dégagent pendant la solution. Dans ce cas, la liqueur étant très-acide et chaude, s'il se fait un précipité il dénote la présence du *molybdène*, de l'*antimoine* ou de l'*étain*.

Molybdène. . . . . s'il a les caractères de l'acide molybdique § 99, 7°.

Antimoine. . . . . s'il a les caractères des oxydes d'antimoine § 100, 2°

Étain. . . . . si ce précipité ne peut être ici volatilisé ni fondu.

La solution faite, on y reconnaît facilement les diverses bases; savoir :

Bismuth. . . . . si une goutte de la solution projetée dans l'eau la blanchit à l'instant.

Argent. . . . . si une goutte portée sur une lame de cuivre y forme un précipité blanc cristallin métallique.

Mercure. . . . . s'il se fait alors un précipité gris qui se réunit en gouttelettes ou s'amalgame au cuivre, auquel il donne l'éclat de l'argent.

Ce précipité est volatile au feu, et s'il s'est déposé de l'argent, celui-ci reste seul.

Cuivre. . . . . si la solution laisse précipiter du cuivre sur une lame de fer.

Nickel. . . . . si la liqueur qui a séjourné sur une lame de fer se colore immédiatement en bleu par l'addition de l'ammoniaque.

Zinc. . . . . si la même liqueur donne par l'ammoniaque un précipité blanc qui se redissout par un excès de cet alcali (1).

Après ces essais, on placera différentes gouttes de la solution

(1) Le cadmium se précipiterait et se redissoudrait de même; mais d'abord on aurait reconnu sa présence, § 101, 1°, et en outre la potasse et la soude le précipiteraient d'une manière permanente : ce qui n'a pas lieu pour le zinc.

Digitized by Google

primitive sur de petits verres de montre ou sur une lame de verre légèrement graissée ; on reconnaîtra alors :

Fer	si quelques parcelles de ferro-cyanate de potasse déterminent un précipité bleu (1).
Plomb, baryte et strontiane	si quelques parcelles d'un sulfate quelconque déterminent un précipité blanc.
Plomb	si le précipité noircit par l'addition de quelques parcelles de sulfhydrate de soude.
Baryte	si le précipité ne noircit pas, et si une goutte de la solution primitive, fortement étendue d'eau, continue encore à précipiter par le sulfate.
Strontiane	si la solution très-étendue ne précipite plus.
Alumine	si l'ammoniaque en excès, ajouté au reste de la liqueur, donne un précipité blanc, floconneux et permanent, qui se dissout dans la potasse caustique (voyez § 102, 2°).
Chaux	si la liqueur ammoniacale qui surnage précipite immédiatement par l'oxalate d'ammoniaque, même lorsqu'elle est chaude (2).
Magnésie	si le liquide, après s'être éclairci à chaud, se trouble de nouveau en refroidissant.

5° Rechercher les alcalis. Pour reconnaître la potasse, la soude, la lithine, il ne faut avoir employé aucun de ces corps pendant les opérations. Dès lors, si le minéral n'est pas immédiatement attaquable par un acide, il faut le disposer à l'action en le fondant avec le carbonate de baryte.

La solution faite et suffisamment étendue, on ajoute du carbonate d'ammoniaque, qui précipite tout, à l'exception des alcalis. On filtre, on évapore, on calcine au rouge, et, s'il reste alors quelque chose dans la capsule, c'est un des trois alcalis ; on distinguera :

La potasse	si la solution de chlorure de platine concentrée, portée sur une partie du résidu, détermine un précipité jaune.

(1) La plupart des autres métaux se précipitent en même temps, mais la couleur bleue produite par la présence du fer domine toutes les autres.

(2) La baryte, la strontiane, le cuivre, le nickel, le zinc pourraient se trouver dans la liqueur ammoniacale. Pour ce cas compliqué il faudrait préalablement éliminer les deux premiers corps de la solution acide par un sulfate, et les deux suivants par la potasse : la solution ammoniacale ne renfermerait plus que du zinc, qui, par l'addition de l'oxalate, se précipite long-temps après la magnésie, quand la liqueur s'évapore.

Digitized by Google

La lithine. . . . . si la substance a taché la feuille de platine pendant la calcination, et si une goutte de carbonate d'ammoniaque étendue sur elle détermine un précipité blanc.

La soude. . . . . si aucun de ces effets ne se produit.

Quand il y a mélange des alcalis, il devient difficile de les distinguer dans ces essais.

Certains sels solubles renferment de l'ammoniaque, dont la présence est facilement reconnue par l'addition de quelques parcelles de potasse caustique qui en dégage les vapeurs.

6° Examiner les corps non attaqués par les moyens précédents.

Ces corps sont surtout l'or et le platine, le premier d'une belle couleur jaune, le second de couleur plombée. L'un et l'autre sont attaqués par l'*eau régale*. La solution d'or précipite en pourpre par le protochlorure d'étain ; celle du platine précipite en jaune par un sel de potasse.

Le platine, dans le minerai de platine, est allié ou mélangé avec diverses substances qu'on ne peut pas encore caractériser dans les petits essais.

§ 102. **Notes sur la recherche des bases.** — Nous n'avons indiqué, dans les essais destinés à la recherche des bases, que les substances qui sont communes dans la nature. Si l'on avait affaire à d'autres substances, on pourrait éprouver des embarras dont nous parlerons ici.

1° Dans le traitement par l'acide azotique il pourrait se trouver :

Du palladium. . . . . il précipite sur la lame de cuivre ; mais la solution est rouge et précipite en noir par le chlorure d'étain.

De la thorine . . . . . elle se manifesterait, après l'addition d'un sulfate, par l'ébullition. Le sulfate de cette base soluble à froid se précipite à la température de 100°.

2° Dans l'essai de la solution par l'ammoniaque en excès, il peut se trouver dans le précipité un grand nombre de substances, qui n'ont pas été indiquées, telles que :

La glucine . . . . . elle est enlevée avec l'alumine dans la solution potassique, qu'il faut alors saturer par un acide, puis traiter de nouveau par l'ammoniaque. On lave et on dessèche le précipité.

Si c'est l'alumine pure ; en y mettant une goutte de nitrate de cobalt et calcinant, la matière prend une belle couleur bleue. Si c'est de la glucine pure, la couleur devient noire : s'il y a mélange, on obtient un bleu sale.

Digitized by Google

L'urane.	le précipité, formé par l'ammoniaque, ou le minéral lui-même, donne au feu de réduction un verre vert avec le double phosphate. La solution première précipite alors en rouge-foncé par le ferro-cyanate de potasse.
Le cérium.	le résidu de l'action de la potasse caustique peut renfermer l'une et l'autre de ces substances. Repris par l'acide nitrique, puis desséché pour chasser l'excès d'acide, et redissous dans l'eau, il donne un précipité blanc par l'oxalate d'ammoniaque.
La zircone.	
L'yttria.	
	Pour la première le précipité devient brun-cannelle par calcination, et forme, avec le double phosphate, un verre rouge à chaud, et incolore à froid. Pour les autres le précipité ne brunit pas : dans l'une il forme, et difficilement, un verre incolore opaque avec le double phosphate ; dans l'autre il forme facilement un verre transparent.

3° Nous ne parlerons pas des réunions fortuites qu'on pourrait rencontrer ; car alors les précipités pourraient être très-compliqués, et, pour arriver à quelques résultats, il faudrait posséder des connaissances chimiques très-étendues, qu'on ne peut acquérir que par des études approfondies.

ANALYSE DES MINÉRAUX.

§ 103. **Nécessité.** — Lorsqu'un corps est simple, l'essai chimique suffit toujours pour le distinguer de tous les autres : mais il n'en est pas de même lorsqu'il est composé, car le nombre et la nature des matières réunies ne suffisent pas pour le caractériser ; il faut en connaître les quantités relatives. Par exemple, personne ne confondra le sucre et l'esprit-de-vin ; et cependant ils sont l'un et l'autre uniquement composés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, et il n'y a de différence que dans le rapport des quantités. La même chose a lieu dans les minéraux ; il en est beaucoup qui sont formés des mêmes éléments, et qui présentent des différences aussi marquées que les deux corps précédents : d'où il résulte que, pour les caractériser chimiquement, il faut savoir séparer exactement les matières, peser chacune d'elles, et rapporter tout à l'unité, pour établir la comparaison sous ce point de vue. C'est ainsi qu'on peut distinguer le minium et le jaune de plomb, si différents à l'extérieur quoique formés des mêmes éléments ; savoir :

Jaune de plomb.	Oxygène.	0,07	Minium.	Oxygène.	0,10
	Plomb.	0,93		Plomb.	0,90
		1,00			1,00

Digitized by Google

§ 104. **Moyens généraux.** — L'analyse se fait à peu près comme les essais ; seulement il faut prendre un grand nombre de précautions, qu'on peut négliger quand il s'agit seulement d'une reconnaissance. Il faut peser exactement une certaine quantité du minéral (5 grammes par exemple), soit en nature, soit réduit en poussière très-fine, et avoir soin de n'en rien perdre dans le cours des opérations. Après l'avoir calciné, si l'on y a reconnu de l'eau, et pesé de nouveau pour constater la perte, qui est le poids du liquide, on attaque par l'acide nitrique, par l'eau régale, ou par fusion préalable avec la soude, etc. ; puis on recueille successivement, par une filtration réelle, les précipités qu'on peut former ; on les lave soigneusement en faisant passer une suffisante quantité d'eau sur les filtres ; on dessèche convenablement ces filtres, on les pèse exactement avec la matière qu'ils supportent, et l'on défalque le poids du papier, qu'on a dû peser auparavant. On recueille alors la liqueur filtrée et toutes les eaux de lavage, et on fait évaporer convenablement pour provoquer ensuite d'autres précipités sur chacun desquels on opère de même.

Le point principal, et qui offre quelquefois assez de difficultés, est de bien conduire les opérations successives, d'employer les réactifs qui séparent en totalité une substance déterminée, et qui n'entraînent aucune partie des autres. Sous ce rapport, les réactifs divers dont on peut se servir pour les essais ne sont pas toujours les plus convenables pour l'analyse ; car, quand il s'agit seulement d'indiquer la présence d'une substance, peu importe que le précipité en entraîne une ou plusieurs autres, pourvu que celles-ci soient masquées, et que celle qu'on cherche se manifeste clairement. Il y a des cas où les difficultés sont très-grandes, et où il faut tout le talent d'un chimiste consommé ; mais il en est beaucoup aussi qui n'exigent que les plus simples éléments de la science, et ce sont généralement ceux qui peuvent se présenter le plus fréquemment dans les usages de la vie. Ainsi, l'analyse des pierres calcaires, des marnes, des argiles et des terres arables, des silicates les plus communs dans la nature ou de ceux qui constituent les scories des usines où l'on prépare les métaux, de beaucoup de minerais de fer, de cuivre ou de plomb, des sels minéraux employés dans les arts ou en médecine, des alliages artificiels les plus utiles, etc., peut se faire toujours avec la plus grande facilité ; parce que ces corps ne renferment que des matières parfaitement connues, dont la séparation se fait toujours assez nettement. Nous en donnerons quelques exemples :

§ 105. 1° **Analyse de marne.** — Cinq grammes d'une marne,

Digitized by Google

ayant été desséchés à la température de l'eau bouillante, ont perdu 345 milligrammes, probablement formés entièrement d'eau.

Cinq autres grammes, traités par l'acide azotique étendu, ont fait effervescence pendant quelque temps et ont laissé un résidu argileux qui, lavé, puis desséché, également à la température de 100°, pesait 3 g, 879.

Ces opérations suffisent pour conclure que le carbonate de chaux enlevé par l'acide était de 0 g, 776, c'est-à-dire 5g — (3,879+0,345); de sorte que cette marne se compose de :

Carbonate de chaux.	0,776	ou pour 1. . . .	0,1552
Argile et eau.	4,224	. . . . .	0,8448
	5,000		1,0000

et de là suit que cette matière, employée en agriculture, est plus propre aux terrains sableux qu'aux terrains argileux.

2° **Analyse de pierre calcaire.** — Cinq grammes d'une pierre calcaire ont été attaqués avec effervescence par l'acide azotique, et ont laissé un résidu de 15 centigrammes.

La solution traitée par l'ammoniaque a donné 204 milligrammes de peroxyde de fer qui offrait au chalumeau quelques traces de manganèse, § 101, 2°.

La liqueur, réunie aux eaux de lavage et suffisamment évaporée, a été traitée à chaud par le sous-carbonate d'ammoniaque et filtrée immédiatement; elle a donné un précipité de carbonate de chaux de 4 g,098 représentant 2 g,307 de chaux (1).

Enfin, après l'évaporation des eaux et la calcination au rouge, il est resté 217 milligrammes de magnésie; ainsi la pierre se compose de :

Matière insoluble.	0,150	ou pour 1.	0,0300
Peroxyde de fer.	0,204	. . . . .	0,0408
Chaux.	2,307	. . . . .	0,4614
Magnésie.	0,217	. . . . .	0,0434
Acide carbonique conclu par différence.	2,122	. . . . .	0,4244
	5,000		1,0000

3° **Analyse de la céruse.** — La *céruse*, ou *blanc de céruse*, est un carbonate de plomb; mais on falsifie cette substance en y mélangeant de la *craie* ou *blanc de Bougival*, qui en diminue la valeur et enlève beaucoup de solidité à la peinture. Il est donc utile de

(1) 100 de carbonate de chaux renferment 56,29 de chaux, de sorte que la proportion 100 : 56,29 : : 4,098 : $x = 2,307$ donne la quantité de chaux dans le cas présent.

Digitized by Google

savoir quelle est la nature de la matière qu'un ouvrier emploie dans le travail qu'on lui fait faire ; en voici l'analyse :

Cinq grammes de matière attaqués par l'acide azotique étendu ont laissé 10 centigrammes de résidu.

La solution traitée par le sulfate de soude a donné un précipité de sulfate de plomb pesant 4 g, 539 ; d'où l'on conclut 3 g, 338 d'oxyde de plomb (1), ou 4 g de carbonate (2).

Le liquide filtré, réuni aux eaux de lavage et évaporé, ayant été traité par le sous-carbonate d'ammoniaque, a donné 0 g, 901 de carbonate de chaux. Cette matière renferme donc :

Céruse pure, ou carbonate de plomb.		4	ou pour 1. . .	0,80
Craie. . . .	Carbonate de chaux.	0,90	1.	0,20
	Matière insoluble. . .	0,10		
		5		1,00

c'est-à-dire que la céruse a été mélangée du quart de son poids de craie.

Quand la fraude se fait par un mélange de sulfate de baryte, celui-ci reste insoluble.

4° **Analyse d'une scorie de haut-fourneau.** — La matière a été fondue avec la soude après avoir été réduite en poudre très-fine, et le résultat traité par l'acide azotique. Les cinq grammes ont donné alors, après l'ébullition, 1 g, 27 de silice.

L'ammoniaque a fait un précipité de peroxyde de fer qui, après avoir été lavé et traité par la soude, puis lavé de nouveau et séché, pesait 2 g, 737.

Toutes les eaux sodiques évaporées, puis saturées d'acide et traitées par le sous-carbonate d'ammoniaque, ont donné un précipité d'alumine de 203 milligrammes.

La liqueur du premier précipité de peroxyde de fer, réunie à ses eaux de lavage, a donné elle-même, par le carbonate d'ammoniaque, un précipité de carbonate de chaux de 1 g, 805, correspondant à 1 g, 016 de chaux. Le résultat de l'analyse est donc :

Silice.	1,270
Peroxyde de fer	2,737
Alumine	0,203
Chaux	1,016
	5,226

(1) 100 de sulfate de plomb renferment 73,56 d'oxyde de plomb. On a la quantité d'oxyde, dans le cas présent, par la proportion 100 : 73,56 : : 4,539 : x.

(2) 100 de carbonate de plomb renferment 83,46 d'oxyde de plomb ; de sorte qu'on fait la proportion 83,46 : 100 : : 3,338 : x.

Digitized by Google

Mais l'augmentation de poids fait voir que le fer était ici à l'état de protoxyde, dont il faut alors réduire la quantité à 2,511.

Ce résultat montre qu'il faut modifier les opérations de l'usine, en ajoutant au minerai ce qu'on nomme de la *castine* (carbonate de chaux), afin de saturer la silice et d'éviter la perte en fer. L'analyse des minerais et celle de la castine du lieu détermineraient positivement la quantité de fondant à employer.

Ces exemples, joints aux observations que nous avons faites à l'égard des essais, doivent suffire pour montrer comment on doit s'y prendre dans la plupart des cas ordinaires.

ÉNONCIATION ET COMPARAISON DES ANALYSES.

§ 106. **Difficulté de s'exprimer.** — Tant qu'il ne s'agit que des usages de la vie, on ne sent pas le besoin d'exprimer les compositions autrement que par les poids mêmes qui sont fournis par l'analyse. Mais quand on considère les corps bruts sous le point de vue scientifique, on reconnaît bientôt, quand ils sont en grand nombre, qu'il est impossible de les comparer les uns aux autres en s'exprimant en poids ; parce que les rapports sont trop compliqués. Par exemple, quoiqu'on aperçoive des différences bien marquées dans les compositions suivantes, il est difficile de les énoncer de manière à en donner et, par conséquent, à s'en faire une idée bien nette.

	1re *analyse.*	2e *analyse.*	3e *analyse.*
Soufre	0,292	0,162	0,173
Cuivre	0,189	0,318	0,455
Plomb	0,619	0,520	0,372

Aussi pendant long-temps a-t-on fait peu d'attention à la composition chimique, et s'est-on contenté de comparer les corps par des caractères extérieurs : ce n'est que du moment que l'on a connu les lois suivant lesquelles les corps se combinent qu'on a pu réellement en tirer tout le parti convenable. Voici les faits :

§ 107. **Lois de combinaison.** — L'ensemble de toutes les observations fait voir que les corps, simples ou composés, se combinent entre eux dans un certain nombre de proportions nettement déterminées, qui n'admettent aucun intermédiaire et qui ont entre elles des rapports simples, du moins quand il s'agit des minéraux. Par exemple, on reconnaît par expérience que

Digitized by Google

100 d'oxygène sont combinés à 201,20 de soufre (acide hyposulfurique).
200 . . . . . 201,12 . . . . . (acide sulfureux).
300 . . . . . 201,18 . . . . . (acide sulfurique).
100 d'oxygène se combinent à 395,69 de cuivre.
100 . . . . . 791,38 (2 fois 395,69).
200 395,68
100 de soufre se combinent à 393,39 de cuivre.
200 393,38
100 de silice se combinent à 184,99 de chaux.
200 184,98
300 184,98

C'est-à-dire qu'une quantité déterminée de base, ou le double de cette quantité, se combine à une certaine quantité de corps électro-négatifs, ou bien à deux fois, à trois fois, etc., cette quantité : c'est un fait d'analyse que toutes les observations confirment.

Énonciation atomique. — On a été conduit à exprimer ce fait d'une manière plus commode pour l'énonciation et pour la comparaison des différents composés. Au lieu de considérer le nombre 100, dans les composés oxygénés, comme le poids résultant d'un certain nombre de particules d'oxygène, on a imaginé de le regarder comme le poids même d'une particule, en considérant en même temps le nombre correspondant comme le poids d'une particule de base. Dès lors on a dit : Dans les composés de l'oxygène et du soufre, les choses sont telles qu'on y trouve successivement 1 particule de soufre, dont le poids est 201,20, réunie à 1, à 2, à 3 particules d'oxygène, dont le poids est 100. De même, dans les oxydes de cuivre, 1 particule de cuivre, dont le poids est 395,69, se trouve réunie à 1, à 2 particules d'oxygène, ou 2 particules de cuivre à 1 particule d'oxygène, etc.

On aurait pu exprimer de même les autres combinaisons, et dire que 1 particule de cuivre, représentée par 393,39, se trouvait réunie à 1 ou à 2 particules de soufre représentées par 100 ; que 1 particule de chaux, représentée par 184,99, se réunissait à 1, à 2, à 3, etc., particules de silice représentées par 100, etc. Mais ayant déjà employé le nombre 100 pour représenter le poids de la particule d'oxygène, il ne fut plus possible de l'employer pour un autre corps ; et après avoir supposé 395,69 pour le poids de la particule de cuivre dans les oxydes, on ne pouvait pas employer pour les sulfures un autre nombre, 393,39, etc. De là on a été conduit à fixer pour chaque corps le poids de la particule, en prenant le

Digitized by Google

nombre 100 admis dans l'oxygène pour terme de comparaison : c'est à quoi on est parvenu par la connaissance des oxydes, des sulfures et de diverses autres combinaisons (1).

Telles sont les bases de ce qu'on nomme la *théorie atomique,* car le nom d'*atome* a prévalu sur les noms de particule, molécule, etc., qu'on aurait pu également employer.

§ 108. **Transformations atomiques.** — Dans cette manière de s'exprimer, on peut énoncer avec facilité toutes les espèces de combinaisons, et surtout les comparer les unes aux autres ; mais il faut avant tout transformer les rapports en poids, donnés par l'analyse, en rapports atomiques.

Cette transformation se fait en divisant le poids de chacun des composants par le poids atomique correspondant, et réduisant ensuite les rapports à leur plus simple expression. Par exemple, pour la première des analyses précédentes, § 106 :

Soufre	0,192
Cuivre	0,189
Plomb	0,619

on cherchera, dans les tables construites à cet effet (2), les poids atomiques du soufre, du cuivre et du plomb (savoir : 201,165, — 395,695, — 1294,498), par lesquels on divisera les nombres correspondants (3) ; on trouvera ici :

$$\frac{0,192}{201,165} = 0,00095 ; \quad \frac{0,189}{395,695} = 0,00048 ; \quad \frac{0,619}{1294,478} = 0,00048$$

nombres qui sont à peu près entre eux comme 2, 1 et 1. Le corps

(1) Si l'on ne connaissait pas les oxydes de cuivre, on pourrait avoir le poids de la particule de ce corps par les sulfures. Sachant, par exemple, qu'un sulfure est composé de 100 de soufre et 393,38 de cuivre, on ferait ce raisonnement : le poids de la particule de soufre a été représenté par 201,16, terme moyen ; si donc nous faisons la proportion

$$100 : 393,38 :: 201,16 : x,$$

le quatrième terme sera le poids de la particule cherchée, ou 791,54. Si nous ne connaissions pas d'autres composés, il resterait l'incertitude de savoir si ce poids représente une seule particule, ou deux, ou etc. ; de sorte qu'on pourrait admettre ou 791,54, ou la moitié 395,77, ou etc. Il est clair que ce n'est qu'à la longue, et par l'ensemble de tous les faits relatifs à un corps, qu'on peut se fixer à cet égard.

(2) Voyez une table pour les substances les plus communes à la fin de cet article.

(3) Les poids donnés par l'analyse signifient qu'il y a pour chacun des trois

Digitized by Google

se trouve donc composé de : 2 atomes de soufre, 1 atome de cuivre et 1 atome de plomb.

Les deux autres analyses données se transformeront de la même manière, et on aura :

	2e *Analyse.*		3e *Analyse.*	
	Poids.	Rapports atomiques.	Poids.	Rapports atomiques.
Soufre	0,162	0,0008 ou 2 atomes.	0,173	0,00086 ou 3 at.
Cuivre	0,318	0,0008 2 atomes.	0,455	0,00116 4 at.
Plomb	0,520	0,0004 1 atome.	0,372	0,00029 1 at.

Il ne sera pas plus difficile de transformer des analyses de corps oxygénés. Ainsi, connaissant le poids atomique de la silice, 577,478 ; celui de l'alumine, 642,334 ; et celui de la chaux, 356,019, on trouvera pour les compositions suivantes :

	4e *Analyse.*		5e *Analyse.*	
	Poids.	Rapports atomiques.	Poids.	Rapports atomiques.
Silice	0,403	0,00070 ou 2 atomes.	0,424	0,00073 ou 3 at.
Alumine	0,225	0,00035 1 atome.	0,314	0,00049 2 at.
Chaux	0,372	0,00104 3 atomes.	0,262	0,00073 3 at.

On pourrait donc exprimer les cinq compositions précédentes comme il suit, en mettant les nombres atomiques en exposants au-dessus des noms des matières composantes :

1re — Soufre^2, cuivre^1, plomb^1, *ou par abréviation.* So^2, Cu^1, Pl^1
2e — Soufre^2, cuivre^2, plomb^1 . . . . . So^2, Cu^2, Pl^1
3e — Soufre^3, cuivre^4, plomb^1 . . . . . So^3, Cu^4, Pl^1
4e — Silice^2, alumine^1, chaux^3. . . . . Si^2, Al^1, Ch^3
5e — Silice^3, alumine^2, chaux^3. . . . . Si^3, Al^2, Ch^3

Il est facile maintenant de comparer ces corps les uns aux autres, d'en exprimer clairement les différences, enfin de s'en faire une idée nette.

§ 109. **Signes de composition.** — Pour peindre la composition des corps plus facilement, on emploie les initiales des noms au lieu des noms eux-mêmes, à peu près comme nous venons de le faire par abréviation, mais avec quelques conventions relativement

---

corps de certains nombres d'atomes n, n', n'', dont les relations sont 0,192, 0,189, 0,619 ; c'est-à-dire qu'on a

$$0{,}192 : 0{,}189 : 0{,}619 :: n\ (201{,}165) : n'\ (395{,}695) : n''\ (1294{,}478).$$

Ou bien $$\frac{0{,}192}{201{,}165} : \frac{0{,}189}{396{,}696} : \frac{0{,}619}{1294{,}478} :: n : n' : n''.$$

de sorte que les quotients donnent les rapports entre n, n', n''.

Digitized by Google

aux détails : on est à peu près convenu de prendre pour cela les noms latins ; savoir :

Al.	Aluminium.	Fe.	Ferrum.	Pl ou Pt.	Platinium.
Ag.	Argentum.	Fl.	Fluor.	Pb.	Plumbum.
As.	Arsenicum.	Hg.	Hydrargyrum, ou Me. mercure.	R.	Rhodium.
Au.	Aurum.			Se.	Selenium.
Az.	Azotum, ou N. nitricum.	Hy.	Hydrogenium.	Si.	Silicium.
		I.	Iodicum.	Sn.	Stannum.
Ba.	Baryum.	Ir.	Iridium.	Sb.	Stibium.
Be.	Berillium, ou Gl. glucinium.	K.	Kalium, ou Po. potassium.	Sr.	Strontium.
				S ou Su.	Sulphur.
Bi.	Bismuthicum.	L.	Lithium.	Ta.	Tantalium.
B ou Bo.	Boron.	Ma.	Magnesium.	Te.	Tellurium.
Br.	Bromium.	Mn.	Manganesium.	Th.	Thorinium.
Ca.	Calcium.	Mo.	Molybdœnum.	Ti.	Titanium.
Cd.	Cadmium.	Na.	Natrium, ou So. sodium.	Tu.	Tuhgstenium, ou W. wolframium.
C.	Carbonium.				
Ce.	Cerium.	Ni.	Niccolum, nickel.	U.	Uranium.
Ch.	Chlorum.	Os.	Osmium.	Vn.	Vanadium.
Cr.	Chromium.	O.	Oxygenium.	Y.	Yttrium.
Co.	Cobaltum.	Pd.	Palladium.	Zn.	Zincum.
Cu.	Cuprum.	Ph.	Phosphorus.	Zr.	Zirconium.

Pour indiquer une combinaison, on écrit les signes des composants l'un auprès de l'autre, et pour indiquer les nombres atomiques, on place les chiffres en exposants, en sous-entendant, comme en algèbre, l'exposant 1. Ainsi Fe Su indique la combinaison d'un atome de fer et d'un atome de soufre; Fe Cu Su^2 indique un atome de fer, un de cuivre et deux de soufre. On comprendra de même Fe^2 Cu Su^5, Fe^3 Cu^2 Su^5, etc.

Dans la combinaison de trois, ou d'un plus grand nombre d'éléments, on peut écrire la formule de plusieurs manières. Ainsi, au lieu de Fe Cu Su^2, on peut partager l'élément électro-négatif entre les deux corps, et dire Fe Su, Cu Su ; on écrit alors Fe Su + Cu Su.

De même Fe^2 Cu Su^5 peut s'écrire Fe^2 Su^3 + Cu Su ; Fe^3 Cu^2 Su^5 s'écrirait Fe^3 Su^3 + Cu^2 Su^2, etc. ; mais alors les exposants qui sont de même espèce se transforment en coefficients, et l'on écrit 2 Fe Su + Cu Su, 3 Fe Su + 2 Cu Su.

Cette manière d'écrire s'appuie théoriquement sur ce que les composés triples de nos laboratoires sont le plus souvent le résultat de la combinaison de deux composés binaires.

Pour les corps oxygénés, on pourrait écrire de même leur composition. Ainsi, Ca O, Si O^3, etc., indiqueraient des combinaisons de 1 atome de calcium et de 1 atome d'oxygène, de 1 atome de silicium et 3 atomes d'oxygène, etc. ; mais ces corps étant très-nombreux, on est convenu, pour éviter la complication dans les com-

Digitized by Google

posés, de supprimer le signe oxygène et de le remplacer par des points, au-dessus de la lettre, en nombre égal à celui des atomes. Ainsi on écrit $\dot{C}a$, $\dddot{S}i$, au lieu de Ca O, Si O^3; de même $\dot{C}a\,\dddot{S}i$, au lieu de Ca O + Si O^3, etc.

Quand il arrive que la base entre pour deux atomes dans l'oxyde, on est généralement convenu de couper la lettre en deux par une barre horizontale. Ainsi, au lieu de $Fe^2\,O^3$, Cu^2 O, etc., on écrit $\dddot{F}e$, $\dot{C}u$, etc. Cependant, la difficulté d'avoir de ces lettres barrées sur tous les corps, a fait aussi recourir à d'autres moyens : on a coupé la lettre par un trait de lime, comme $\dddot{F}e$, $\dot{C}u$; on a mis une barre au-dessous, comme $\dddot{\underline{F}e}$, $\dot{\underline{C}u}$; et enfin on a mis des chiffres ou des primes en indices, comme $\dddot{F}e_2$, $\dot{C}u_2$, ou $\dddot{F}e_{//}$, $\dot{C}u_{//}$: c'est peut-être, en définitive, ce dernier moyen qui prévaudra.

Les sulfures étant aussi très-abondants, et souvent très-compliqués, on a imaginé de représenter les atomes de soufre par des virgules placées au-dessus de la base. Ainsi on écrit $\grave{P}b$, $\grave{\dddot{F}}e$, $\grave{\dddot{S}}b$, etc., au lieu de Pb Su, Fe Su^2, Sb Su^3, etc.

D'après ces conventions, les cinq analyses que nous avons prises pour exemples de transformations devront s'écrire comme il suit :

1re	— Cu Pb Su^2,	ou bien	$\dot{C}u\,Su$	+	Pb Su,	ou encore $\dot{C}u\,\grave{P}b$.
2e	— Cu^2Pb Su^2,	—	$\dot{C}u^2Su$	+	Pb Su,	— $\dot{C}u\,\grave{P}b$.
3e	— Cu^4Pb Su^3,	—	$2\dot{C}u^2Su$	+	Pb Su,	— $\dot{C}u^2\grave{P}b$.
4e	— $\dot{C}u^3\dddot{A}l\,\dddot{S}i^2$,	—	$\dot{C}a^3Si$	+	$\dddot{A}l\,\dddot{S}i$.	
5e	— $\dot{C}a^5\dddot{A}l^2\dddot{S}i^3$,	—	$\dot{C}a^3\dddot{S}i$	+	$2\dddot{A}l\,Si$.	

Le partage des composants donne ici plus de facilité pour l'énonciation et la comparaison.

§ 110. **Autre loi pour les corps oxygénés.** — Il existe relativement à la combinaison des corps oxygénés une autre loi, d'après laquelle on peut également arriver à une comparaison facile des analyses. Cette loi consiste en ce que la quantité d'oxygène de l'un des composants est généralement un multiple, ou un sous-multiple, de la quantité d'oxygène de l'autre. On cherche donc quelles sont les quantités d'oxygène de chacun des corps qui ont été dosés dans l'analyse, et il en résulte des rapports qu'on réduit à leur plus

Digitized by Google

simple expression. Les analyses de silicates que nous avons calculées ci-dessus donnent ainsi (1) :

		Oxyg.	Rap.			Oxyg.	Rap.
Silice,	0, 403	0, 209	2	Silice,	0, 424	0, 220	3
Alumine,	0, 225	0, 105	1	Alumine,	0, 311	0, 146	2
Chaux,	0, 372	0, 104	1	Chaux,	0, 262	0, 073	1

Les nombres 2, 1 et 1, ou bien 3, 2 et 1, sont alors des poids relatifs d'oxygène qui peuvent caractériser très-bien les corps auxquels ils se rapportent.

Signes minéralogiques. — On emploie également des signes pour indiquer ces sortes de rapports; mais on se sert alors des capitales italiques pour montrer que les éléments sont oxydés, et l'on écrit *Al, Ca, Si,* etc., au lieu de $\dddot{Al}$, $\dddot{Ca}$, $\dddot{Si}$, etc. Lorsqu'il y a deux oxydes d'un même corps, on emploie l'italique capitale pour le peroxyde, et l'italique simple pour le protoxyde. Ainsi *Fe* et *fe*, *Mn* et *mn*, etc., sont la même chose que $\dddot{Fe}$, $\dot{Fe}$, $\dddot{Mn}$, $\dot{Mn}$, etc. L'eau s'exprime généralement par *Aq*, qui équivaut à $\dot{Hy}^2$ O, ou $\dot{Hy}$.

Cela posé, nos deux combinaisons peuvent s'écrire aussi :

Ca Al Si^2, ou bien en partageant *Ca Si* + *Al Si*.
Ca Al^2*Si*^{3}, — *Ca Si* + 2*Al Si*.

Ces espèces de signes, plus simples que les précédents, ont été nommés *signes minéralogiques*, parce que la plupart des substances minérales, étant des composés d'oxydes, peuvent être indiquées de cette manière. Par opposition, les autres signes ont été nommés *signes chimiques,* parce qu'ils indiquent à la fois tous les rapports chimiques.

§ 111. **Passage d'un signe à l'autre.** — Rien n'est plus facile que de passer d'un de ces signes à l'autre ; savoir :

1° *Passer du signe chimique au signe minéralogique.* Il suffit de compter les points qui indiquent l'oxygène, et de les multiplier par les exposants et les coefficients.

Soit, par exemple, 2 $\dot{Ca}\,\dddot{Si}$ + $\dddot{Al}\dddot{Si}^3$: le premier terme équivaut à $\dot{Ca}^2\,\dddot{Si}^2$, et l'oxygène de la chaux est à l'oxygène de la silice dans

(1) En consultant la table placée à la fin de cet article, on trouve que 100 parties de silice renferment 51,95 d'oxygène. Pour avoir l'oxygène que renferment 0,403 de silice, on fera la proportion 100 : 51,95 : : 0,403 : x = 0,209 : on calculera de même pour les autres corps en cherchant leur composition.

Digitized by Google

les rapports de 2 à 6. Ainsi on écrira en signe minéralogique $Ca^2\ Si^6$, ou $2\,Ca\ Si^3$. Dans le second terme, l'oxygène de l'alumine est à l'oxygène de la silice dans le rapport de 3 à 9; donc on peut écrire $Al^3\ Si^9$, ou $3\,Al\ Si^3$; donc la formule totale est $2\,Ca\ Si^3 + 3\,Al\ Si^3$.

2° *Passer du signe minéralogique au signe chimique.* Il suffit d'écrire d'abord le signe chimique de chacun des oxydes composants dans l'ordre indiqué, puis de rétablir, par les coefficients et les exposants, les quantités relatives d'oxygène telles qu'elles sont indiquées par la formule minéralogique.

Soit $Ca\,Si + 3\,Al\,Si$; on commencera par écrire $\dot{Ca}\,\dddot{Si}$, $\ddot{Al}\,\dddot{Si}$. Maintenant $Ca\,Si$ indique égalité dans les quantités d'oxygènes des deux oxydes, et pour le dire, il suffit dans l'expression $\dot{Ca}\,\dddot{Si}$ de mettre l'exposant 3 à l'indice de la chaux, en écrivant $\dot{Ca}^3\,\dddot{Si}$. Le second terme $3\ Al\ Si$ est la même chose que $Al^3\ Si^3$, et il faut mettre le même exposant à $\ddot{Al}\,\dddot{Si}$, c'est-à-dire écrire $\ddot{Al}^3\,\dddot{Si}^3$, ou $3\,\ddot{Al}\,\dddot{Si}$; ainsi la formule totale est $\dot{Ca}^3\dddot{Si} + 3\,\ddot{Al}\,\dddot{Si}$.

§ 112. **Rappel des corps isomorphes.** — On comprendra mieux maintenant l'isomorphisme, dont nous avons parlé § 45 : il consiste en ce que les composés de même formule, qui renferment un même élément électro-négatif, avec certains élements électro-positifs différents, présentent des formes, sinon toujours identiques, du moins du même genre. Ainsi les sulfures Pb Su, Ag Su, Zn Su, etc., sont isomorphes malgré la différence des bases, et ont entre eux les plus grandes analogies; il en est de même des sulfates $Pb\ Su^3$, $Ba\ Su^3$, $Sr\ Su^3$, etc., des carbonates $mn\ C^2$, $Ma\ C^2$, etc., et d'un grand nombre d'autres substances. De là on conclut que certaines bases sont par elles-mêmes isomorphes; et il faut en dire autant de certains corps électro-négatifs, comme le soufre et le sélénium, ou bien le chlore, l'iode, le fluor, etc. Les corps oxygénés isomorphes sont, en général, ceux qui présentent les mêmes rapports atomiques; ainsi l'alumine $\ddot{Al}$, le peroxyde de fer $\ddot{Fe}$, l'oxyde de manganèse $\ddot{Mn}$, l'oxyde de chrome $\ddot{Cr}$, sont isomorphes. Les oxydes $\dot{Ca}$, $\dot{Fe}$, $\dot{Mn}$, $\dot{Ma}$, etc., sont aussi isomorphes. Cependant il ne faudrait pas conclure, a priori, que tout ce qui a la même formule est isomorphe, et il faut consulter l'expérience à cet égard; en effet, il est reconnu que $\dot{Ka}$, $\dot{Na}$, $\dot{Li}$, ne sont pas isomorphes de $\dot{Ca}$, $\dot{Fe}$, etc., qui ont la même formule.

Digitized by Google

DISCUSSION DES ANALYSES.

§ 113. **Nécessité.** — Il n'arrive pas toujours que les analyses des matières minérales puissent se transformer aussi facilement que celles que nous avons choisies précédemment, soit en rapports atomiques, soit en rapports de quantité d'oxygène. Fréquemment, au contraire, on n'obtient de l'une et de l'autre manière que des nombres qu'on ne parvient pas à simplifier. Cela tient à ce que les matières minérales ont rarement cristallisé seules, et que dès lors l'une d'entre elles a entraîné une certaine quantité des autres. C'est en effet ce qui arrive dans nos laboratoires, lorsque plusieurs sels se trouvent ensemble dans la même solution.

Ce sont ces mélanges qui masquent les proportions, et il faut dès lors chercher à les mettre à découvert au milieu des complications que la nature peut présenter. C'est ce travail que j'appelle *discussion de l'analyse*, c'est-à-dire séparation de ce qu'il y a de propre au corps et de ce qu'il y a d'étranger.

Bases de la discussion et applications. — Les observations de laboratoire nous font reconnaître deux sortes de mélanges : les uns se font en toutes proportions ; les autres, au contraire, ne se font jamais qu'en assez petite quantité.

1° Les mélanges en toutes proportions ont lieu entre des sels qui ont la même formule de composition, quoiqu'ils puissent être à bases différentes. Ainsi, quand on mêle ensemble dans la même solution les aluns à base d'alumine et de potasse, d'alumine et d'ammoniaque, de peroxyde de fer et de potasse, de peroxyde de chrome (*cr.*) et de potasse, etc., ils se mélangent entre eux de toutes les manières pendant la cristallisation, et de telle sorte qu'il n'y a pas un cristal qui ne renferme tous ces aluns et à peu près comme la solution même. Chacun présente alors la composition $3Al\ Su^3 + K\ Su^3 + 24Aq$, qui est celle de l'alun ordinaire, avec une quantité plus ou moins grande de

$$3\ Fe\ \ Su^3 + K\ Su^3 + 24\ Aq$$
$$3\ cr\ \ Su^3 + K\ Su^3 + 24\ Aq$$

ce qu'on peut représenter d'une manière générale sous la forme

$$3\ (Al,\ Fe,\ cr,\ \text{etc.})\ Su^3, + K\ (Su^3)\ 24\ Aq$$

en renfermant entre parenthèses les bases analogues et laissant chacune d'elles indéterminée ; c'est-à-dire que c'est alors la somme des quantités d'oxygène renfermées dans ces bases qui est à la quantité d'oxygène renfermée dans l'acide dans le rapport de 1 à 3.

Digitized by Google

Exemple de mélange naturel. — La même chose arrive précisément dans la nature, et en réunissant les quantités d'oxygène des diverses bases analogues, on parvient à trouver des formules régulières là où l'on ne pourrait rien avoir autrement. Par exemple, l'analyse suivante :

	Poids.	Oxygène.	Sommes partielles.	Rapport.
Silice.	0,395	0,205	0,205	2
Alumine	0,149	0,069	0,101	1
Fe	0,104	0,032		
Ca	0,118	0,033	0,102	1
Ma.	0,101	0,039		
fe.	0,092	0,021		
mn.	0,040	0,009		
	0,999			

ne présente rien de satisfaisant lorsqu'on cherche à comparer les quantités d'oxygène ; mais si l'on réunit d'un côté l'alumine et le peroxyde de fer, qui peuvent se remplacer dans les composés, de l'autre les protoxydes de fer et de manganèse, la chaux, la magnésie, qui se remplacent aussi, les sommes d'oxygène sont alors en rapports simples entre elles et avec l'oxygène de la silice, de manière qu'on a 1, 1 et 2 pour ces rapports ; dès lors la formule de cette substance compliquée est (*Ma, Ca, mn, fe*) (*Fe, Al*) Si^2 : c'est-à-dire que cette substance est un mélange de diverses matières de même formule, savoir, de *Ma Al* Si^2, de *Ca Fe* Si^2, de *Ca Al* Si^2, de *fe Al* Si^2, et de *mn Al* Si^2.

On peut aussi calculer en poids les quantités relatives de chacun de ces corps. Il suffit pour cela de composer d'abord chacun d'eux théoriquement par quantités d'oxygène, puis de chercher d'après ces quantités celles des matières correspondantes. Ainsi on prendra :

	Oxygène.				
	Ma	0,039	correspondant à	Magnésie de l'analyse.	0,101
	Al	0,039	—	Alumine.	0,086 } 0,337
	Si^2	0,078	—	Silice.	0,150
	Ca	0,032	—	Chaux.	0,114
	Fe	0,032	—	Peroxyde de fer de l'analyse,	0,104 } 0,341
	Si^2	0,064	—	Silice.	0,123
Reste de	*Ca*	0,001	—	Chaux.	0,004
	Al	0,001	—	Alumine.	0,002 } 0,010
	Si^2	0,002	—	Silice.	0,004
	fe	0,021	—	Protoxyde de fer.	0,092
	Al	0,021	—	Alumine.	0,045 } 0,218
	Si^2	0,042	—	Silice.	0,081
	mn	0,008	—	Protoxyde de manganèse.	0,036
Reste de	*Al*	0,008	—	Alumine.	0,015 } 0,082
	Si^2	0,016	—	Silice.	0,031
Reste de	*mn*	0,001	= *mn* Si^3 ?	Protoxyde de manganèse.	0,004
Reste de	*Si*	0,003		Silice.	0,006 } 0,010

Digitized by Google

Pour faire ces calculs, il faut se servir de la table de composition des oxydes. Trouvant, par exemple, que 100 de magnésie renferment 38,71 d'oxygène, on fera pour la première substance

$$38{,}71 : 100 : 0{,}039 : x = 0{,}101$$

On fera de même pour tous les autres calculs du même genre.

D'après cela le corps se compose de

Ma Al Si²	0,337	
Ca Fe Si² ou *Mélanite.*	0,341	
Ca Al Si² ou *Grossulaire.*	0,010	
fe Al Si² ou *Almandine.*	0,218	0,998
mn Al Si²	0,082	
mn Si³?	0,010	

2° Les mélanges qui se font en petites quantités ont particulièrement lieu entre des matières hétérogènes. Quand, dans nos laboratoires, plusieurs sels de formules différentes se trouvent dans la même solution, il est rare que l'un d'eux se précipite sans entraîner une petite partie des uns ou des autres. Si des sels cristallisent dans une matière en bouillie, ils en entraînent également, et quelquefois même en grande quantité.

Il est évident que la même chose doit avoir lieu dans la nature, et que dès lors l'analyse des minéraux, en nous présentant en bloc les oxydes qui appartiennent à diverses substances, ne doit plus nous offrir les rapports simples que nous avons indiqués. C'est par là que s'expliquent une multitude d'anomalies apparentes.

Pour discuter les analyses dans ces cas de mélanges, il faut se procurer par la visite des localités, ou par l'examen des séries d'échantillons récoltés sur les lieux, la connaissance des matières qui ont pu cristalliser ensemble, et par conséquent se mélanger. Il faut connaître la composition de toutes ces matières, en établir les formules, du moins approximativement, pour discuter ensuite tous les résultats et arriver enfin aux formules réelles.

Exemple de mélange naturel. — Quand les matières mélangées renferment des bases différentes, il est toujours facile de les extraire. Par exemple, sachant qu'une substance dont la formule ordinaire est *Ca Ma³ Si⁹* a cristallisé en même temps qu'une autre *Ca Al Si²*, il sera facile de ramener l'analyse suivante à la véritable formule, qu'il est d'abord impossible d'établir :

		Oxygène.
Silice	0,582	0,302
Alumine	0,024	0,011
Chaux	0,151	0,042
Magnésie	0,241	0,093

Digitized by Google

En effet, l'alumine renfermant ici 0,011 d'oxygène, on formera le composé *Ca Al Si*^{2} sur cette base, savoir :

	Oxygène.				Rapport.
Al.	0,011	et il restera oxygène de silice.		0,289	9
Ca.	0,011	—	— chaux.	0,031	1
Si^2	0,022	—	— magnésie . . .	0,093	3

On voit que ces restes d'oxygène sont précisément dans le rapport qui constitue la première formule. On calculera si l'on veut les poids correspondants comme ci-dessus.

Autre exemple. — La discussion présente en apparence quelque chose de plus difficile lorsque les substances mélangées sont formées des mêmes éléments en diverses proportions, par exemple, de *Ca Si* et *Ca Si*^{2} ; mais on aperçoit bientôt qu'il ne s'agit que de partager des quantités données chacune en plusieurs autres, et de telle manière que les parties de l'un des nombres soient aux parties de l'autre dans des rapports donnés. C'est alors un des plus simples problèmes d'algèbre.

Soit l'analyse { Silice. 0,497 tenant oxygène. 0,258 ; Chaux. 0,502 — 0,141

que l'on suppose être un mélange de *Ca Si* et *Ca Si*^{2}. Il s'agit de partager les nombres 0,258 et 0,141 chacun en deux autres, x et y pour le premier, x' et y' pour le second, de manière que x soit à x' dans le rapport de 1 à 1 d'après la formule *Ca Si*, et que y soit à y' dans le rapport de 1 à $\frac{1}{2}$ suivant la formule *Ca Si*^{2}.

On aura donc d'une part $x + y = 0{,}258$, et de l'autre $x' + y'$ ou $x + \frac{1}{2} y = 0{,}141$. De ces deux équations en x et y, on tirera

$x = 0{,}024$ Oxygène de la silice
$x' = x = 0{,}024$ Oxygène de la chaux } dans la formule *Ca Si*.

$y = 0{,}234$ Oxygène de la silice
$y' = \frac{1}{2} y = 0{,}117$ Oxygène de la chaux } dans la formule *Ca Si*^{2}.

On calculera les poids correspondants de silice et de chaux comme ci-dessus.

Digitized by Google

Tableau des poids atomiques et des compositions les plus utiles.

NOMS.	POIDS ATOMIQUES.	SIGNES.	COMPOSITION.			
			CORPS ÉLECT.-NÉGAT.		CORPS ÉLECT.-POSIT.	
Acide azotique.	677,036	$\dddot{A}z$	Ox. =	73,852	Az =	26,148
— borique.	871,966	$\ddot{B}o$	Ox.	68,81	Bo	31,19
— carbonique.	275,005	$\ddot{C}$	Ox.	72,726	C.	27,274
— phosphorique.	892,310	$\dddot{P}h$	Ox.	56,03	Ph	43,97
— sulfurique.	501,165	$\ddot{S}u$	Ox.	59,86	Su	40,14
Alumine.	642,334	$\ddot{A}l$	Ox.	46,71	Al	53,29
Antimoine.	806,452	Sb				
Argent.	1351,607	Ag				
Arsenic.	470,042	Ar				
Baryte.	956,880	$\dot{B}a$	Ox.	10,45	Ba	89,55
Bismuth.	1330,376	Bi				
Carbone.	75,005	C				
Carbonate de chaux.	631,024	$\dot{C}a\,\ddot{C}$	$\ddot{C}$	43,58	$\dot{C}a$	56,42
Chaux.	356,019	$\dot{C}a$	Ox.	28,09	Ca	71,92
Chlore.	221,325	Ch				
Chlorure d'argent.	1579,932	Ag Ch	Ch	24,67	Ag	75,32
Cobalt.	368,991	Co				
Cuivre.	395,695	Cu				
Eau.	112,479	$\dot{H}y$	Ox.	88,90	Hy	11,10
Etain.	735,294	Sn				
Fer.	339,213	Fe				
Fluor.	116,900	Fl				
Hydrogène.	6,2298	$\dot{H}y$				
Lithine.	127,757	$\dot{L}i$	Ox.	43,91	Li	56,09
Magnésie.	258,353	$\dot{M}a$	Ox.	38,71	Ma	61,29
Mercure.	1265,822	Hg				
Nickel.	369,675	Ni				
Oxyde cobalteux.	468,991	Co	Ox.	21,32	Co	78,68
— cuprique.	496,693	$\dot{C}u$	Ox.	20,17	Cu	79,83
— ferreux.	439,212	$\dot{F}e$	Ox.	22,77	Fe	77,23
— ferrique.	978,426	$\ddot{F}e$	Ox.	30,66	Fe	69,34
— manganeux.	455,787	$\dot{M}n$	Ox.	21,94	Mn	78,06
— manganique.	1011,574	$\ddot{M}n$	Ox.	29,66	Mn	70,34
— permanganiq.	555,787	$\dddot{M}n$	Ox.	35,99	Mn	64,01
Oxyde plombeux.	1394,498	$\dot{P}b$	Ox.	7,171	Pl.	92,829
— stannique.	935,294	$\ddot{S}n$	Ox.	21,33	Su	78,67
— zincique.	503,226	$\dot{Z}n$	Ox.	19,87	Zn	80,13
Plomb.	1294,498	Pb				
Potasse.	589,916	$\dot{K}$	Ox.	16,95	K	83,05
Silice.	577,478	$\ddot{S}i$	Ox.	51,95	Si	48,05
Soude.	390,897	$\dot{N}a$	Ox.	25,58	Na	74,42
Soufre.	201,165	Su				
Strontiane.	647,285	$\dot{S}r$	Ox.	15,45	St	84,55
Sulfate barytique.	1458,045	$\dot{B}a\,\ddot{S}u$	$\ddot{S}u$	34,37	$\dot{B}a$	65,63
— plombeux.	1895,663	$\dot{P}b\,\ddot{S}u$	$\ddot{S}u$	26,44	$\dot{P}b$	73,56
Zinc.	403,226	Zn				

Digitized by Google

CLASSIFICATION DES MINÉRAUX.

§ 114. **Définition et objet des classifications.** — Le mot classification s'étend à toute espèce d'arrangement qu'on peut faire entre un certain nombre de corps, soit qu'on ait pour but de retrouver facilement chacun d'eux au milieu des autres, soit qu'on veuille faire ressortir les analogies ou les différences qu'ils peuvent présenter.

Si l'on a seulement pour objet de retrouver chacun des corps au besoin, comme les livres dans une bibliothèque, la classification peut être quelconque, et il y a une infinité de manières de s'y prendre, toutes aussi bonnes les unes que les autres si l'on y met assez de soins : par exemple, on peut placer sur chacun des corps un signe distinctif, qu'on consignera ensuite sur un catalogue, ou bien se servir de l'un ou de l'autre des signes les plus apparents que les corps eux-mêmes peuvent offrir, comme la grandeur, la forme, la couleur, etc.

S'il s'agit de faire ressortir les analogies ou les différences que les corps peuvent offrir, il n'y a plus qu'un seul mode d'arrangement praticable, et qui résulte d'une comparaison aussi complète qu'il est possible de tous ces corps. L'arrangement sera d'autant plus parfait que la comparaison portera sur un plus grand nombre de points, et il se perfectionnera à mesure qu'on trouvera de nouveaux moyens de confrontation, qu'on connaîtra mieux le degré d'importance des différents rapports, ceux qu'on doit soigneusement observer et ceux que l'on peut négliger sans inconvénient.

§ 115. **Classification naturelle.** — C'est évidemment à cette dernière classification qu'on doit s'arrêter pour l'histoire naturelle, qui procède toujours par analogies et différences, et dont le but est de coordonner rigoureusement les résultats des recherches auxquelles tant d'hommes célèbres se sont livrés. C'est en effet celle qui est adoptée partout aujourd'hui, et qu'on désigne sous le nom de *classification naturelle* ou *méthode naturelle*, par opposition à tous les arrangements arbitraires, nommés alors *méthodes artificielles*, qu'on a autrefois imaginés, pour faciliter la distinction et la reconnaissance des différents êtres, d'après quelques-uns des signes apparents qu'ils présentaient.

Divisions de la classification. — Toute classification comporte des divisions et subdivisions successives par le moyen desquelles

Digitized by Google

on arrive, de la collection totale, à chacun des corps qui la composent. La classification naturelle en est susceptible comme toute autre ; elle présente d'abord quelques grandes coupes fondées sur des analogies qui conviennent à un grand nombre d'êtres, puis dans chacune d'elles des divisions et subdivisions par des analogies qui conviennent successivement à un plus petit nombre, jusqu'à ce qu'enfin on arrive à l'individu, c'est-à-dire à un être dont il peut bien exister différents exemplaires, mais entre lesquels il n'est plus possible d'établir de différences importantes. C'est ainsi que toute l'histoire naturelle se divise en *trois règnes* (animal, végétal, minéral), chaque règne en *embranchements* et *classes*, chaque classe en *ordres*, chaque ordre en *familles* et en *tribus*, chaque famille en *genres*, et chaque genre en *espèces*.

On définit généralement l'*espèce*, l'ensemble des individus semblables, ou l'ensemble des individus qui ont entre eux plus d'analogies qu'ils n'en ont avec tous les autres.

Le *genre* est la réunion des espèces qui ont entre elles plus d'analogies de toute nature qu'elles n'en ont avec toutes les autres.

Les *tribus*, les *familles*, etc., sont de même des réunions successives de genres, de tribus, etc., qui ont entre eux plus d'analogies qu'ils n'en ont avec tous les autres.

§ 116. **Moyens de comparaison des corps bruts.** — Pour classer les corps bruts dans l'ordre des analogies, il faut les comparer soigneusement les uns aux autres, et cela se fait par les diverses propriétés physiques et chimiques que nous avons étudiées. Mais ces propriétés ne sont pas toutes capables d'établir des analogies ou des différences du même degré d'importance. Ce serait fort peu de chose, par exemple, que l'analogie ou la différence qui serait tirée de l'état terreux, sous lequel, pour ainsi dire, toutes les substances peuvent se présenter ; ce serait peu de chose encore que la couleur, à moins qu'elle ne fût inhérente à la nature même des corps, car on sait qu'un même corps peut être accidentellement coloré de toutes les manières. Il faut donc faire un choix dans les diverses propriétés pour établir des comparaisons capables d'un résultat important.

Il suffit de se rappeler les détails divers que nous avons donnés, pour voir que les propriétés réellement importantes, pour la comparaison des corps bruts, sont les formes cristallines, le clivage, les phénomènes de réfraction simple ou double, la polarisation par réflexion, l'état élastique, la dureté, le poids spécifique, la composition chimique. Parmi les autres propriétés, les unes sont accidentelles et par conséquent inutiles à la comparaison, et les autres

Digitized by Google

sont ou variables suivant les lois que nous ne connaissons pas, ou applicables à trop peu de corps.

Remarquons aussi que les corps bruts sont fréquemment privés de formes régulières, et n'offrent que des structures d'agrégation ; que souvent ils sont opaques, et que par conséquent on ne peut observer la réfraction ; qu'ils sont ternes, et que dès lors l'angle de polarisation reste inconnu. Il en résulte que la composition chimique, après une discussion préalable des analyses, est souvent le seul moyen possible de comparaison, et que dès lors c'est en réalité ce qu'il y a de plus important dans les minéraux.

§ 117. **Individu minéralogique.** — Tant qu'il s'agit des corps organisés, on se fait toujours une idée nette de l'*individu*, car, tous ces corps se composant de parties qui ont des formes et des positions relatives définitivement arrêtées, on ne peut, en général, les diviser sans les détruire : c'est là ce qu'on exprime par le mot individu.

Dans les matières brutes, il n'est pas aussi facile d'acquérir l'idée d'individualité, et l'on ne peut même y parvenir tant qu'on les considère sous des rapports purement physiques. Cela tient à ce que ni la forme ni la structure ne sont essentielles à ces corps, § 2, et que dès lors ils peuvent être divisés et subdivisés à l'infini, sans cesser d'exister, la moindre parcelle possédant en effet les mêmes propriétés que le tout. Mais dès qu'on envisage les corps bruts sous des rapports chimiques, la question change entièrement, et l'individu devient manifeste. En effet, il y a certaines opérations chimiques que l'on ne peut pratiquer sur ces corps sans les dénaturer, sans les diviser en parties hétérogènes s'ils sont composés, sans les faire passer dans de nouveaux corps s'ils sont simples. Ces opérations sont donc les limites de la divisibilité des corps bruts, et pour elles ces corps deviennent des individus.

Il résulte de là que l'*individu minéralogique* ne peut être qu'un *corps simple,* un *élément,* ou un *assemblage d'un certain nombre d'éléments en certaines proportions relatives.*

§ 118. **Espèce minéralogique.** — D'après cela, l'espèce minéralogique, qui doit être la réunion des individus semblables, ou des individus qui ont entre eux plus d'analogies qu'ils n'en ont avec tous les autres, se définit naturellement la *réunion des corps formés des mêmes principes et en mêmes proportions.*

Les corps qui sont réunis d'après ce principe se ressemblent aussi le plus souvent par toutes les propriétés physiques importantes ; toutefois, il faut excepter les cas de dimorphismes et

Digitized by Google

d'isomorphismes, où il n'y a plus d'accord entre les caractères physiques et les caractères chimiques.

Quelques naturalistes, prenant le dimorphisme en considération, ont un peu modifié la notion précédente, et défini l'espèce minérale la *réunion des corps formés des mêmes éléments, en même proportion, et au même état d'agrégation moléculaire.* D'où il résulte qu'un même corps, sous deux systèmes de formes différentes, doit constituer deux espèces, qui sont alors caractérisées par les propriétés physiques.

§ 119. **Genres minéralogiques.** — Le genre doit être la réunion des espèces qui ont entre elles plus d'analogies qu'elles n'en ont avec toutes les autres. Or, sous le rapport chimique, les espèces les plus analogues sont celles qui renferment les mêmes principes combinés en proportions différentes; en sorte que des corps tels que Pb Su, Pb Su^2, Pb Su^3, etc., sembleraient former naturellement un genre, dont les espèces seraient caractérisées par les proportions relatives.

Cependant cette manière de grouper les espèces ne satisfait pas à la condition de réunir celles qui ont le plus de ressemblance sous tous les rapports. Il en est une autre où, avec des analogies chimiques d'un ordre différent, les espèces ont en même temps de telles analogies physiques qu'on ne peut souvent, au premier abord, les distinguer les unes des autres. C'est ce qui a lieu quand des corps isomorphes viennent à se remplacer dans une combinaison; ainsi, des corps tels que Pb Su, Ag Su, Zn Su, etc., dont les bases sont isomorphes et le principe électro-négatif commun, ont entre eux des analogies physiques très-étendues.

Il résulte de là que, pour réunir en genres les espèces les plus analogues par l'ensemble de tous leurs caractères, il faut rassembler *celles qui renferment des bases isomorphes combinées, suivant les mêmes relations atomiques, avec le même principe électro-négatif.* Telle est la définition du genre naturel, qui est alors caractérisé par l'élément électro-négatif et par les propriétés physiques.

§ 120. **Tribus minéralogiques.** — Les espèces isomorphes ne résultent pas seulement de la substitution d'une base à une autre, il s'en fait aussi par des substitutions de principes électro-négatifs isomorphes; de sorte qu'il y a des genres isomorphes qui ont par conséquent entre eux les plus grands rapports, et qu'on doit placer auprès les uns des autres. De là résultent encore de nouveaux groupes très-naturels, qui peuvent être désignés sous le nom de *tribus minéralogiques.* Par exemple, les corps :

Digitized by Google

Pb Su, Ag Su, etc., forment un genre de sulfures isomorphes.

Pb Se, Ag Se, etc., forment un genre de séléniure isomorphes entre eux et avec les sulfures correspondants.

Pb Te, Ag Te, etc., forment un genre de telluriures isomorphes entre eux et avec les composés précédents.

Ces trois genres constituent un groupe de corps très-analogues, tant par les caractères physiques que par les formules de composition, et qu'on peut appeler une tribu.

Des genres caractérisés par d'autres formules, comme Cu^2 Su, Cu^2 Se, etc., ou bien Ag Su + Cu^2 Su et Ag Se + Cu^2 Se, etc., formeraient d'autres tribus, voisines des précédentes, et qui se distingueraient par d'autres analogies physiques.

§ 121. **Familles minéralogiques.** — L'idée de la famille se présente maintenant d'une manière toute naturelle; c'est la réunion de diverses tribus formées par les différents genres d'isomorphismes qui résultent des proportions diverses où les corps peuvent se trouver dans les composés. Ainsi dans le tableau suivant les différents genres isomorphes de sulfures, séléniures, telluriures, etc., simples, doubles ou triples, forment diverses tribus dont l'ensemble constitue une famille ou même plusieurs en prenant en considération le nombre des éléments réunis.

	1re espèce. 2e espèce. 3e espèce.		
1re tribu, ou groupe des genres isomorphes.	Pb Su, Ag Su, Zn Su, etc.,	1er genre.	Composés binaires.
	Pb Se, Ag Se, etc.,	2e genre.	
	Pb Te, Ag Te, etc.,	3e genre.	
2e tribu, autre groupe des genres isomorphes.	Cu^2 Su, etc.,	1er genre.	
	Cu^2 Se, etc.,	2e genre.	
3e tribu, autre groupe des genres isomorphes.	Ag Su + Cu^2 Su, 1re espèce	1er genre.	Composés ternaires.
	Fe Su + Cu^2 Su, 2e espèce		
	Ag Se + Cu^2 Se,	2e genre.	
Types de diverses tribus.	Sb^2 Su^3 + Ag Su, 1re espèce Sb^2 Su^3 + Pb Su, 2e espèce	genre.	
	Sb^2 Su^3 + 3 Ag Su, 1re espèce Sb^2 Su^3 + 3 Pb Su, 2e espèce Sb^2 Su^3 + 3 Fe Su, 3e espèce	genre.	
Tribus diverses	(Sb^2 Su^3 + 3 Cu^2 Su) + 2 (Sb^2 Su^3 + 3 Pb Su)		Composés quaternaires.
	(Sb^2 Sb^3 + 9 Cu^2 Su) + 4 (Sb^2 Su^3 + 9 Ag Su)		
	2(Sb^2 Su^3 + 4 Cu^2 Su) + (Sb^2 Su^3 + 4 Fe Su)		

Digitized by Google

Ordres. — La réunion de ces sortes de familles constituerait d'autres groupes de corps analogues, qui seraient caractérisés par les principes électro-négatifs isomorphes, et qu'on pourrait appeler des *ordres*.

Classes. — Pour grouper les ordres, on aurait la considération de l'état où se trouvent les principes électro-négatifs dans les composés. Ainsi les sulfures, séléniures, telluriures formeraient des familles dont l'ensemble constituerait un ordre. Les sulfates, séléniates, telluriates formeraient un autre ordre, et ces sortes de groupes composeraient une classe facile à caractériser par les propriétés chimiques.

La disposition des classes entre elles résulterait de la comparaison des différents corps simples qui leur servent de types, et elle dépendrait de la classification même de ces corps d'après leur plus ou moins d'analogie.

Remarques. — Dans l'état actuel de nos connaissances, et quoique le nombre des composés naturels découverts soit déjà assez considérable, il est impossible d'établir complétement cette sorte de subordination des groupes; il s'y trouve des lacunes énormes, que nous ne pouvons pas même combler par les produits de laboratoire. Très-fréquemment il n'y a qu'un seul corps pour tout représenter, depuis la classe jusqu'à l'espèce. Ailleurs il y a une multitude d'espèces, dont chacune est le type d'un genre qui pourra se remplir par la suite; mais il y a peu de genres analogues, ou même pas du tout, et l'on ne peut établir ni tribus ni familles : ces espèces forment dès lors un grand tout à peu près indivisible qu'on ne sait comment nommer. De là il résulte que l'ensemble des minéraux connus ne présente que des groupes d'espèces isolées, souvent nombreuses, et çà et là quelques indices de classes avec quelques divisions incomplètes : c'est ce qu'on voit dans le tableau des espèces qui termine cet article.

§ 122. **Nomenclature.** — Il résulte aussi des lacunes que nous venons d'indiquer dans la série des corps bruts, qu'il n'y a que les espèces qui aient reçu des noms; on ne s'est pas trouvé dans la nécessité de faire des noms de genre, et s'il en existe quelques-uns, c'est parce que les corps qui s'y rapportent avaient été considérés autrefois comme une seule espèce qui a été divisée plus tard par suite de l'avancement de la science. A plus forte raison n'existe-t-il pas de noms de tribus, de familles, d'ordres et de classes, puisque la plupart de ces divisions, que l'ensemble de nos connaissances fait apercevoir pour l'avenir, ne sont aujourd'hui que des cadres vides.

Digitized by Google

De là aussi il résulte que les êtres ne sont plus désignés, en minéralogie, comme dans les autres parties d'histoire naturelle, par deux noms, un nom de genre, un nom d'espèce, système de nomenclature qui a rendu tant de services à la botanique et à la zoologie.

§ 123. **Variétés de l'espèce.** — Dans le règne minéral, comme dans toutes les autres parties de l'histoire naturelle, l'espèce peut se sous-diviser en variétés. La distinction est ici fondée sur la diversité des formes, qui peuvent être régulières, oblitères, empruntées et accidentelles d'un grand nombre de manières, sur les diverses sortes de structures, sur les degrés de transparence ou d'opacité, sur l'éclat, sur les couleurs accidentelles, sur les diverses sortes de mélanges, etc. Chacun est à peu près le maître de distinguer ce qu'il voudra, en se bornant toutefois à des choses d'une certaine importance.

Métis minéralogiques. — Il y a dans les animaux des espèces voisines qui peuvent se croiser de toutes les manières, et qui donnent lieu à des êtres qui participent de l'un et de l'autre de leurs parents; on leur donne le nom de *Métis*, et on les place dans la méthode auprès de l'espèce avec laquelle ils ont conservé le plus de rapports.

Il y a aussi de véritables métis dans les minéraux, et ils résultent du mélange des matières isomorphes en toutes proportions. Lorsque dans ces mélanges il y a une matière qui domine, on doit placer évidemment le corps auprès de l'espèce que cette matière constitue; mais lorsque toutes les matières sont mélangées en parties à peu près égales, il n'y a plus d'autres moyens que de les placer en appendice à la fin du genre dont toutes les espèces mélangées font essentiellement partie.

§ 124. **Tableau des espèces.** — Dans le tableau suivant où nous avons réuni une grande partie des espèces minérales, nous avons moins songé à donner une nomenclature qu'à indiquer les diverses analogies que les matières peuvent avoir entre elles. On peut y lire à la fois dans le sens vertical et dans le sens horizontal; et il est impossible par cette double lecture qu'on n'aperçoive pas les relations de composition, qui donnent en général celles de tous les autres caractères. Nous avons indiqué aussi les réunions d'espèces qui forment des types de genres et de tribus, dans les diverses classes, plus ou moins artificielles, qui partagent l'ensemble des minéraux connus.

Digitized by Google

EXTRAIT DU TABLEAU

Palladium	Pa		Plomb	Pb
Platine	Pl		Massicot	Ṗb ou *Pb*
Or	Au		Minium	P̈b
Argent	Ag			
Mercure	Hg		Cuivre	Cu
Amalgame	Ag	Hg^2	Zigueline	Ċu

PREMIÈRE

Types de tribus	Tribu	Sidérides.		Manganides.	
		Fer	Fe		
				Pyrolusite	M̈n
		Oligiste	F̈e ou *Fe*	Braunite	M̈n ou *Mn*
		Limonite	$Fe^2\ Aq$		
		Gœthite	$Fe^3\ Aq$	Acerdèse	$Mn^3\ Aq$
		Aimant	$fe\ Fe^3$	Hausmanite	$mn\ Mn^3$
		Franklinite	$(fe, Zn), Fe$	Zinc oxydé rouge	*Zn, Mn*.
		Beudantine	*Pb, Fe*		
				Psilomélane	$Ba\ Mn^4 + 2\ Aq$

DEUXIÈME

Tantalides.		Tungstides.
Tantalite	$fe\ ta^2$?	Acide tungstique
Yttrotantale	*y, Ta*	Wolfram
Columbite	$(fe, mn)\ Ta^2$	Schelite
Bayerine	$(3\ fe^2 + mn)\ Ta^2$	Schelitine

Digitized by Google

Mélaconise	Ċu ou *Cu*
Oxyde cobaltique	$\dddot{\text{C}}$o ou *Co*
Oxyde cobaltique et manganique	*Co, Mn, Aq.*

CLASSE.

Chromides.

Oxyde chromique	$\dddot{\text{C}}$r ou *cr*
Sans nom	$cr^3\ Aq$
Sidérochrome	$(F, A), cr$
Crocoïse	$Pb\ Cr^2$
Vauquelinite	$2\ Pb\ Cr^2 + Cu\ Cr^2$

Aluminides.

Corindon	$\dddot{\text{A}}$l ou *Al*
Gibsite	$Al\ Aq$
Sans nom	$Al^3\ Aq^2$
Diaspore	$Al^3\ Aq$
Cymophane	$G\ Al^3$
Spinelle	$Ma\ Al^6$
Gahnite	$Zn\ Al^6$
Pléonaste?	$Ma\ Al^3 + F\ Al^3$
Plombgomme	$Pb\ Al^6 + 6\ Aq$
Sans nom	$Ca\ Al^2 + 6\ Aq$

CLASSE.

$\dddot{\text{T}}$u ou *T.*
$(3\ fe + mn)\ Tu^3$
$Ca\ \text{Tu}^3$ } genre
$Pb\ \text{Tu}^3$ }

Molybdides.

Acide molybdique	$\dddot{\text{M}}$o ou *Mo*
Mélinose	$Pb\ Mo^3$

Uranides.

Pechurane	$U^4\ O^5$ ou $\dddot{\text{U}}^2\ \ddot{\text{U}}$
Uraconise	$U^2\ O^3$ ou $\dddot{\text{U}}$

Digitized by Google

TROISIÈME

Titanides.

Rutile	$\dddot{T}i$ ou *Ti*
Anatase	
Brockite	
Nigrine	*fe, Ti*
Chrichtonite	*fe, Ti*
Polymignite	(*Zi, y, Ca, fe, mn, Ce*), *Ti*
Æchinite	(*Ca, Ce, Zi*), *Ti*
Pyrochlore	(*Ca, Ce, U, Fe*), *Ti*
Sphène	$Ca\ Ti^6 + Ca\ Si^6$

QUATRIÈME

Bismuth	Bi	Osmiure d'iridium	
Oxyde de bismuth			
Antimonides.		**Arsénides.**	
Antimoine	Sb	Arsenic	
Antimoniure.		*Arséniure.*	
Discrase	$Ag^2\ Sb$	Arséniure d'argent	
Sans nom	$Ag^3\ Sb$		
		Arséniure d'antimoine	
		— de bismuth	
		Smaltine	
		Autre	
		Nickeline	
		Autre	
Antimonickel	$Ni\ Sb^2 + Ni\ Su^2$	Disomose	
		Cobaltine	
		Mispikel	
		Tennantite	
Oxydes.		*Oxydes.*	
Exitèle	$\dddot{S}b$	Acide arsénieux	
Stibiconise	$\dddot{S}b$, Aq		

Digitized by Google

CLASSE.

Stannides.

Cassitérite $\ddot{S}n$ ou Sn

Traces de $\begin{cases} (Ca, fe, mn)\ Sn^2 \\ Ca\ Sn \\ Al\ Sn^3 \end{cases}$

CLASSE.

Phosphorides.

Phosphures analogues aux arséniures dans les composés artificiels.

Ar

Co Ar^2
Co Ar
Ni Ar^2
Ni Ar
Ni Ar^2 + Ni Su^2 } genre et type de tribu.
Co Ar^2 + Co Su^2 } genre et type de tribu.
Fe Ar^2 + Fe Su^2 } genre et type de tribu.
Fe Ar^2 + Fe Su^2 + 9 Cu Su ?

$\ddot{A}r$

Digitized by Google

Antimoniates. *Arséniates.*

Plusieurs antimoniates des laboratoires correspondent aux arséniates.
Il y en a des indices dans la nature.

Tribu { Mimétèse

Olivénite

Pharmacolite
Haidingérite
Arsénicite

Erinite
Aphanèse
Liroconite

Scorodite

Digitized by Google

Phosphates.

	Apatite	$3\dot{C}a^3\,\dddot{P}h + \left\{\begin{matrix}\dot{C}a\,Ch^2\\ \dot{C}a\,Fl^2\end{matrix}\right.$ genre.
$3\,\dot{P}b^3\,\dddot{A}r + Pb\,Ch^2$	Pyromorphite	$3\dot{P}b^3\,\dddot{P}h + \dot{C}a\,Fl^2$
	Wagnerite	$\dot{M}a^3\,\dddot{P}h + Ma\,Fl^2$
	Xenotime	$\dot{Y}^3\,\dddot{P}h$
	Triplite	$(\dot{F}e^4 + \dot{M}n^4)\,\dddot{P}h$
	Triphylline	$6\,(\dot{M}n^3, \dot{F}e^3)\,\dddot{P}h + \dot{L}i^3\,\dddot{P}h$
	Phosphate de cuiv.	$\dot{C}u^4\,\dddot{P}h$
$\dot{C}u^5\,\dddot{A}r$		
	Klaprothine	$\dot{M}a^5\,\dddot{P}h + \dddot{A}l^5\,\dddot{P}h^5$?
	Ambligonite	$\dot{L}i^4\,\dddot{P}h + \dddot{A}l^4\,\dddot{P}h^5$
$\dot{C}a^2\,\dddot{A}r + 6\,Aq$		
$\dot{C}a^2\,\dddot{A}r + 5\,Aq$		
$\dot{C}a^5\,\dddot{A}r + 15\,Aq$		
	Aphérèse	$\dot{C}u^4\,\dddot{P}h + 2\,Aq$
	Ypoleime	$\dot{C}u^5\,\dddot{P}h + 5\,Aq$
$3\,\dot{C}u^5\,\dddot{A}r + 5\,Aq$		
$2\,\dot{C}u^5\,\dddot{A}r + 15\,Aq$		
$\dot{C}u^5\,\dddot{A}r + 5\,\dot{C}u\,Aq$	Sans nom	$\dot{C}u^5\,\dddot{P}h^2 + 5\,\dot{C}u\,Aq$
	Hureaulite	$(\dot{F}e^5 + 3\dot{M}n^5)\,\dddot{P}h + 30\,Aq$
	Hétérosite	$(2\dot{F}e^5 + \dot{M}n^5)\,\dddot{P}h + 5\,Aq$
$2\,\dot{F}e^3\,\dddot{A}r + 15\,Aq.$		
	Phosphates de fer	$\dot{F}e^5\,\dddot{P}h,\,Aq$
		$\dot{F}e^4\,\dddot{P}h,\,Aq$
		$2\dot{F}e^5\,\dddot{P}h + 5\,Aq$?
		$\dot{F}e^8\,\dddot{P}h^5,\,Aq$

Digitized by Google

Antimoniates.

Arséniates.

Pharmacosidérite
Néoctèse
Sidérétine

Nickelocre
Eritrine

Antimonites.

Antimonite de nickel.
Kermes $(Sb^2\ Su^3)^2\ \ddot{\ddot{S}}b$

Arsénites.

Rodoïse
Néaplase
Condurite

CINQUIÈME

Tellurides.

Tellure Te

Telluriures.

Telluriure de plomb Pb Te
— d'argent Ag Te

Digitized by Google

Phosphates.

$\dot{F}e^3\,\dddot{A}r + \dot{F}e^3\,\dddot{A}r^2 + 18\,Aq$

$Fe^2\,\dddot{A}r + 2\,\ddot{F}r\,\dddot{A}r + 12\,Aq$

$\ddot{F}e^3\,\dddot{A}r^2 + 45\,Aq$

Delvaulxine $\ddot{F}e^6\,\dddot{P}h + 45\,Aq$

$\dot{N}i^3\,\dddot{A}r + 9\,Aq$

$\dot{C}o^3\,\dddot{A}r + 9\,Aq$

Kakoxène	$\dddot{A}l\,\dddot{P}h^3 + 3\,Aq?$
Wawelite	$(\dddot{A}l^4\dddot{P}h^3 + 18\,Aq) + Al\,Fl^3$
Uranite	$\dot{C}a^2\,\dddot{P}h + \ddot{U}^4\dddot{P}h + 16\,Aq$
Chalkolite	$\dot{C}u^2\,\dddot{P}h + \ddot{U}^4\dddot{P}h + 16\,Aq$

$\dot{C}o,\,\dddot{A}r$

$\dot{N}i^2\,\dddot{A}r + 18\,Aq.$

$\dot{C}u^6\,\dddot{A}r + 4\,Aq$

CLASSE.

Sélénides.

Séléniures.

Berzeline	$Cu^2\,Se$
Clausthalie	$Pb\,Se$
Séléniure d'argent	$Ag\,Se$

Sulfurides.

Soufre Su

Sulfures.

Sulfure d'hydrogène	$Hy^2\,Su$	
Chalkosine	$Cu^2\,Su$	
Galène	$Pb\,Su$	genres, tribu.
Argyrose	$Ag\,Su$	
Blende	$Zn\,Su$	
Alabandine	$Mn\,Su$	
Harkise	$Ni\,Su$	
Covelline	$Cu\,Su$	

Digitized by Google

Telluriures doubles?

Bornine	$Bi\,Te^2 + Bi\,Su$
Elasmose	$4Pb\,Te + 2Pb\,Su + Au\,Te$
Mullerine	$(Pb, Ag)\,Te + Au\,Te$
Sylvane	$Ag\,Te + 3Au\,Te$

* C'est pour ces sortes de composés surtout qu'on simplifie beaucoup les formules en représentant le soufre par des *virgules* au-dessus du signe. Ainsi on a

Stannine	$\dot{C}u^2\,\dddot{S}n + \ddot{F}e^2\,\dot{S}n$	Bournonite	$\dot{C}u^3\,\dddot{S}b + 2Pb^3\,\dot{S}$
Polybasite	$\dot{C}u^9\,\dddot{S}b + 4\dot{A}g^9\,\dddot{S}b$	Panabase	$\dot{F}e^4\,\dddot{S}b + 2\dot{C}u^4\,\ddot{S}$

Digitized by Google

Sulfures.

Cinabre	Hg Su	
Réalgar	Ar Su	
Sans nom	Sb Su	
Sans nom	Bi Su	
Pyrite, Sperkise	Fe Su^2	type de tribu.
Molybdénite	Mo Su^2	
Coboldine	Co^2 Su^3	
Bismuthine	Bi^2 Su^3	
Stibine	Sb^2 Su^3	genre.
Orpiment	Ar^2 Su^3	

Séléniures doubles.

Sans nom 4 Zn Se + Hg Se^3

Euchairite Cu^2 Se + Ag Se

Sans nom Cu Se + 2 Pb Se?
Sans nom Cu Se + 3 Pb Se?
Sans nom $Co Se^2$ + 6 Pb Se
Sans nom Hg Se + 3 Pb Se

Sulfures doubles.

Marmatite	3 Zn Su + Fe Su	
Leberkise	Fe Su^2 + 6 Fe Su	
Stromeyerine	Cu^2 Su + Ag Su	
Phillipsite	2 Cu^2 Su + Fe Su	
Chalcopyrite	Cu^2 Su + Fe Su	
Zinkenite	Sb^2 Su^3 + Pb Su	genre.
Myargyrite	Sb^2 Su^3 + Ag Su	
Sans nom	Sb^2 Su^3 + 2 Pb Su	
Jamesonite	Sb^2 Su^3 + 3 Pb Su	
Argyrithrose	Sb^2 Su^3 + 3 Ag Su	genre.
Proustile	Ar^2 Su^3 + 3 Ag Su	
Haidingérite	Sb^2 Su^3 + 3 Fe Su	
Platurose	Sb^2 Su^3 + 6 Ag Su	

Sulfures multiples.

Bournonite	Sb^2 Su^3 + 2 Pb Su + Cu^2 Su, *ou bien* (Sb^2 Su^3 + 3 Cu^2 Su) + 2 (Sb^2Su^3 + 3 Pb Su)*
Polybasite	5 Sb^2 Su^3 + 9 Cu^2 Su + 36 Ag Su, *ou* (Sb^2 Su^3 + 9 Cu^2 Su) + 4 (Sb^2 Su^3 + 9 Ag Su)
Panabase	3 Sb^2 Su^3 + 4 Fe Su + 8 Cu^2 Su, *ou* (Sb^2 Su^3 + 4 Fe Su) + 2 (Sb^2 Su^3 + 4 Cu^2 Su)
Stannine	Sn Su + Cu^2 Su + Fe Su^2, *ou* (Sn Su + 2 Cu^2 Su) + (Sn Su + 2 Fe Su^2)

Digitized by Google

Acides

Acide sulfureux Su

Sulfates simples anhydres.

Sulfates simples

Genre

Anglésine	*Pb Su*³	Gypse
Barytine	*Ba Su*³	Exantholose
Célestine	*Sr Su*³	
Karsténite	*Ca Su*³	Epsomite
Thenardite	*Na Su*³	Gallitznite
Aphthalose	*K Su*³	Rhodhalose
		Mélantherie
		Cyanose
		Brochantite
		Pittizite
		Alunogène
		Websterite

SIXIÈME

Chlorides.		**Bromides.**
Chlore	Ch	
Chlorure d'hydrogène	Hy Ch	
Calomel	Hg Ch	
Kérargyre	Ag Ch²	Bromure d'argent Ag Br²
Chlorure de calcium	Ca Ch²	
Chlorure de magnesium	Ma Ch²	
Salmare	Na Ch²	
Sylvine	K Ch²	
Kérasine	Pb Ch² + 2 Pb	
Atakamite	Cu Ch² + 3 Cu + 3 Aq	
	Cu Ch² + 4 Cu + 4 Aq	
Salmiac	(Az Hy³)² + (Hy Ch)	

Digitized by Google

du soufre.

Acide sulfurique $\dot{S}u$ ou Su

hydratés.

$Ca\,Su^3 + Aq$
$Na\,Su^3 + 2\,Aq$

$Ma\,Su^3 + 5\,Aq$
$Zn\,Su^3 + 5\,Aq$
$Co\,Su^3 + 7\,Aq$
$Fe\,Su^3 + 7\,Aq$
$Cu\,Su^3 + 5\,Aq$
$Cu\,Su + Aq$
$Fe^2\,Su + 2\,Aq$
$Fe^4\,Su + 4\,Aq$

$Al\,Su^3 + 3\,Aq$
$Al\,Su + 3\,Aq$

Sulfates double anhydres.

Célestine de Mœn	$2\,Sr\,Su^3 + Ba\,Su^3$?
Idem de Norton	$5\,Sr\,Su^3 + Ca\,Su^3$
Glaubérite	$Ca\,Su^3 + Na\,Su^3$
Polyhalites	$2\,(Ca, Ma)\,Su^3 + Na\,Su^3$; $2\,(Ca, Ma)\,Su^3 + K\,Su^3$

Sulfates doubles hydratés.

Néoplase	$fe\,Su^2 + 3\,Fe\,Su^2 + 12\,Aq$
Alun	$3\,Al\,Su^3 + K\,Su^3 + 24\,Aq$
Alunite	$9\,Al\,Su + K\,Su^3 + 9\,Aq$

CLASSE.

Iodides.

Iodure d'argent $Ag\,Io^2$?
— de mercure $Hg\,Io^2$?

Fluorides.

Fluorine	$Ca\,Fl^2$
Yttrocérite	$Y\,Fl^3$
Flucérine	$Ce\,Fl^3$
Cryolite	$2\,Al\,Fl^3 + 3\,Na\,Fl^2$
Basicérine	$3\,Ce\,Fl^2 + Aq$
Sans nom	$Ce\,Fl^2 + Aq$

Hydrates.

Topaze	$4\,Al\,Fl^2 + 3\,\dot{\dot{A}}l\,\dot{\dot{S}}i$
Picnite	$2\,Al\,Fl^3 + 3\,\dot{\dot{A}}l\,\dot{\dot{S}}i$
Condrodite	$Ma\,Fl^2 + Ma^3\,\dot{\dot{S}}i$
Micas divers.	

Fluosilicates.

Digitized by Google

Hydrogénides.

Hydrogène $\dot{H}y$
Eau $\dot{H}y$ ou Aq

Hydrates divers.

Azotides.

Azote et air atmosphérique
Ammoniaque $\dot{H}y^3\ \dot{A}z$
Salpêtre $\dot{K}\ \dot{A}z$
Azotate de soude $\dot{N}a\ \dot{A}z$
de chaux $\dot{C}a\ \dot{A}z$
de magnésie $\dot{M}a\ \dot{A}z$

Sels organiques.

Mellite. Guano. Humboldtite.

Carbonates anhydres rhomboédriques.

Genre
- Calcaire $Ca\ C^2$
- Giobertite $Ma\ C^2$
- Sidérose $Fe\ C^2$
- Diallogite $mn\ C^2$
- Carbocérine $Ce\ C^2$
- Smithsonite $Zn\ C^2$

Dolomie $Ca\ C^2 + Ma\ C^2$

Carbonates hydratés.

Mysorine $Cu\ C.$

Malachite $2Cu\ C + Aq$
Sans nom $Ma\ C^2 + Aq$
Sans nom $3Ma\ C^2 + Aq$
Natron $Na\ C^2 + Aq$
Urao $Na\ C^3 + 2Aq$

Gay-Lussite

Digitized by Google

CLASSE.

Carbonides.

Carbone.

Diamant C.
Graphite C
Anthracite
Houille
Lignite
Bois altérés
Terre de Cologne
Tourbe
Terreau

Carbures.

Grisou $Hy^4 C$
Naphte Hy, C
Scheirerite
Hatchetine $Hy^2 C$
Elaterite
Dusodile
Malthe
Asphalte
Rétinasphalte
Succin

Acides.

Acide carbonique $\dot{C}$ ou C. Acide oxalique $\ddot{C}$.

Carbonates anhydres prismatiques.

Genre 1

Aragonite $Ca\ C^2$
Junckerite $Fe\ C^2$
Witherite $Ba\ C^2$
Strontianite $Sr\ C^2$
Céruse $Pb\ C^2$

Baryto-calcite $Ba\ C^2 + Ca\ C^2$

Carbonates sulfatifères.

Stromnite $4Sr\ C^2 + Ba\ Su^3$
Lanarkite $Pb\ C^2 + Pb\ Su^3$
Leadhillite $3Pb\ C^2 + Pb\ Su^3$
Calédonite $2Pb\ C^2 + Cu\ C^2 + 3Pb\ Su^3$

Carbonates hydratifères.

Azurite $2Cu\ C^2 + Cu\ Aq$

Némalite $3Ma\ C^2 + Ma\ Aq$

$Na\ C^2 + Ca\ C^2 + 5Aq$

Zinconise $3Zn\ C^2 + Zn\ Aq^5$

Digitized by Google

Borides.

Sassoline *Bo Aq*

Borates.

Datholite
Botryolite
Humboldtite

Boracite *Ma Bo⁴*
Borate de chaux
Borate de fer
Borax *Na Bo⁶ + 10Aq*

Silicates simples

Anhydres.		*Hydratés.*
Staurotide	*(Al, Fe)⁴ Si*	Collyrite
Disthène	*Al³ Si*	Lenzinite
Sillimanite	*Al Si*	
Kaolin		Pholérite
Marceline *Mn, Si*		Triklasite
		Nontronite *Fe Si³ + Aq*
		Sévérite
		Cymolite
Lœlite	*Al Si⁴*	Terre de Riégate
		Argiles diverses.

Silicates doubles alumineux

Anhydrés à base

Émeraude *Al Si + Gl Si*

	Anhydres calcaires, ferreux, etc.		*Anhydres*
	Gehlénite	*Al³ Si + 2Ca Si*	Andalousite
Tribu et genres	Grossulaire	*Al Si + Ca Si*	
	Mélanite	*Fe Si + Ca Si*	
	Almandine	*Al Si + fe Si*	
	Spessartine	*Al Si + mn Si*	
	Idocrase	*Al Si + 2Ca Si*	
	Cérine	*Al Si + 2Ce Si*	

Digitized by Google

CLASSE.

Silicides.

Borosilicates.

$Ca\ Bo^3 + Ca\ Si^4 + Aq$
$Ca\ Bo^3 + 3Ca\ Si^2 + 2Aq$

Quarz ... Si ou *Si*
Calcédoine
Opale *Si, Aq*

alumineux, ferriques, etc.

Hydratifères.

$Al^3\ Si + 5Aq$
$Al\ Si + Aq$ — Allophane. $2Al\ Si + Al\ Aq^6$
Autre $2Al\ Si + Al\ Aq^2$
$3Al\ Si + 2Aq$
$Al\ Si^2 + Aq$ — Halloysite $2Al\ Si^2 + Al\ Aq^4$
Id desséchée $2Al\ Si^2 + Al\ Aq^2$
$Al\ Si^2 + 2Aq$
$Al\ Si^3 + Aq$ — Savon de montagne $Al\ Si^3 + Al\ Aq$
$Al\ Si^4 + 3Aq$

ou ferriques, avec diverses bases.

de glucine.

Euclase $Al^2\ Si + 2\,Gl\ Si$

alcalins. *Hydratés.*

$9Al^2\ Si + K\ Si^3$

Digitized by Google

Silicates doubles alumineux,

Anhydres calcaires, ferreux, etc.

			Anhydres
Tribu et genres	Meïonite	$2Al\,Si + Ca\,Si$	
	Zoïsite	$2Al\,Si + Ca\,Si$	
	Smaragdite	$3(Al\,cr)\,Si + Ca\,Si$	
	Thallite	$2Al\,Si + fe\,Si$	
	Thulite	$2Al\,Si + Ca\,Si^2$	
	Wernérite	$3Al\,Si + Ca\,Si$	Néphéline
	Peliom	$3Al\,Si + fe\,Si$	
	Cordiérite	$3Al\,Si + Ma\,Si^2$	
			Rhyacolite
	Scolexerose	$3Al\,Si + Ca\,Si^3$	Nacrite
	Labradorite	$3Al\,Si^2 + Ca\,Si$	Gieseckite Gabronite Pinite Amphigène
Tribu et genres	Dipyre	$4Al\,Si^2 + Ca\,Si^3$	Spodumène Triphane Achmite
Genres	Anthophyllite	$AlSi^3 + (Ma,f)Si^3$?	
	Carnatite	$3Al^4\,Si^3 + Ca\,Si^3$	Orthose
	Rétinite, obsidienne, ponce, etc.		Albite Petalite
			Murkisonite Adinole

Silicates chloriteux.

Pimelite	$Al\,Si^2 + 2Ni\,Si^3 + 13Aq$	Chlorites
Carpholite	$3Al\,Si + mn\,Si + 2Aq$	
Hisingerite	$Al\,Si^2 + 4fe\,Si + 4Aq$	
Sidéroschisolite	$Al\,Si^2 + 2fe\,Si^4 + 3Aq$	Terres vertes
Sans nom	$3Al\,Si + fe\,Si + 2Aq$	
	$Al\,Si^4 + 4fe\,Si + 3Aq$	

Digitized by Google

ou ferriques, avec diverses bases.

alcalins. *Hydratés.*

$3Al\,Si + Na\,Si$	Thomsonite $3Al\,Si + Ca\,Si + 2Aq$
	Mesotype $3Al\,Si + Na\,Si^2 + 2Aq$
$3Al\,Si + (Na, K)\,Si^3$	
$3Al\,Si + K\,Si^3$	Scolezite $3Al\,Si + Ca\,Si^3 + 3Aq$
	Traulite $3Fe\,Si + fe\,Si^2 + 5Aq$
	Edingtonite $4Al\,Si + Ca\,Si^2 + 4Aq$
	Davyne $5Al\,Si + Ca\,Si^2 + 2Aq$
$6Al\,Si + K\,Si^3$	
$3Al\,Si^2 + Na\,Si$	
$3Al\,Si^2 + K\,Si$	
$3Al\,Si^2 + K\,Si^2$	Analcime $3Al\,Si^2 + Na\,Si^2 + 2Aq$
	Laumonite $3Al\,Si^2 + Ca\,Si^2 + 2Aq$
$3Al\,Si^2 + Na\,Si^3$	Chabasie $3Al\,Si^2 + Ca\,Si^3 + 6Aq$
$3Al\,Si^2 + Li\,Si^3$	
$3Fe\,Si^2 + Na\,Si^3$	
	Hydrolite $4Al\,Si^2 + (Na, Ca)\,Si^3 + 8Aq$
	Harmotome Al, Ba, Si, Aq
	Gismondine Al, Ca, K, Si, Aq
	Hypostilbite $3Al\,Si^3 + Ca\,Si + 6Aq$
	Sphérostilbite $3Al\,Si^3 + Ca\,Si^2 + 6Aq$
$3Al\,Si^3 + K\,Si^3$	Stilbite $3Al\,Si^3 + Ca\,Si^3 + 6Aq$
$3Al\,Si^3 + Na\,Si^3$	Epistilbite $3Al\,Si^3 + Ca\,Si^3 + 5Aq$
$3Al\,Si^3 + Li\,Si^3$	
	Heulandite $4Al\,Si^3 + Ca\,Si^3 + 6Aq$
	Brewstérite $4Al\,Si^3 + Ca\,Si_2 + 8Aq$
$3Al\,Si^4 + K\,Si^3$	
$3Al\,Si^6 + Na\,Si^3$	

Alumino-Silicates.

$Al\,Si,\ (fe, Ma, Ca)^2\,Si,\ Aq$	Chamoisite $2fe\,Si + f^2e\,Al + 4Aq$
$Al\,Si,\ (fe, Ma, K)\,Si^2,\ Aq$	Berthiérine $2fe\,Si + f^3e\,Al + Aq$
$Al\,Si,\ (f, Ma, K)\,Si^3,\ Aq$	Pagodite $(Al, Si),\ (K, Al),\ Aq$
$Al\,Si^2,\ (f, Ma)\,Si^2,\ Aq$	Margarite $Al\,Si^3 + Ca\,Al^4$.
$Al\,Si^2,\ (f, Ma, K)\,Si^3,\ Aq$	Saphirine $Al\,Si + (Ma, Ca, f)\,Al^3$
$Al\,Si^2,\ (f, Ma, Ca, Na)\,Si,\ Aq$	

Digitized by Google

Silicates fluorifères.	Mica à 1 axe,	Magnésien	*Al, Fe, Ma, K, Si,* Fl
	Mica à 2 axes	Potassique	*Al, Fe K, Si,* Fl.
		Lithique	*Al, Fe, K, L, Si,* Fl.
Silicate chlorifère.	Sodalite		*Al, Na, Si,* Ch.
Silicates borifères.	Tourmaline	Lithique	*Al, L, K, Ca, Ma, Si, Bo*
		Potassique	*Al, K, Ca, Ma, Si, Bo*
		Sodique	*Al, Na, K, Ca, Ma, Si, Bo*
	Axinite		*Al, Na, Ca, mn, Si, Bo*

Silicates non

Simples.

Anhydres.		*Hydratés.*	
Phénakite	*G Si*		
Zircon	*Zi Si*		
Gadolinite	*Y Si*		
		Cérérite	*Ce Si* + *Aq*
Peridot.	*Ma Si, fe Si*	Marmolite	*Ma Si* + *Aq*
Willelmine	*Zn Si*	Calamine	*Zn Si* + *x Aq*
		Opsimose	*mn Si* + *Aq*
Wollastonite	*Ca* Si^2		
Rhodonite	*mn* Si^2	Sans nom	$2mn\ Si^2$ + *Aq*
		Dioptase	$Cu\ Si^2$ + *Aq?*
		Chrysocole	$Cu\ Si^2$ + $3Aq$
Talc	*Ma* Si^3	Stéatite	$2Ma\ Si^3$ + *Aq*
		Magnésite	*M* Si^3 + $2Aq$
Edelforse	*Ca* Si^5		
		Chloropale	*fe* Si^3 + $2Aq$
Kieselmangan	*mn* Si^5		
Photizite	*mn* Si^6	Sans nom	*mn* Si^6 + $2Aq$

Digitized by Google

Silicate phosphorifère.	Sordawalite	*Al, Fe, Ma, Si, Ph*
Silicates sulfurifères.	Outremer	*Al, Na, Si,* Ä Su?
	Hauyne	*Al, Na, K, Si,* Ä S̈u?
	Spinellane	*Al, Na, Si,* Ä S̈u?
	Helvine	*Al, Na, Si,* Mn Su?

alumineux.

Doubles, anhydres ou hydratés.

Hydratifères.

Eudyalite	$Zi\,Si^3 + 3(Na, Ca, fe)\,Si^2$
Thorite	$3Th\,Si + (Ca, fe, mn)\,Si + 4Aq$
Ilvaïte	$3fe\,Si + Ca\,Si$
Knebellite	$fe\,Si + mn\,Si$
Terre verte de Paris	$Ma\,Si + 2fe\,Si^2 + 2Aq$

Serpentine	$2Ma\,Si^2 + Ma\,Aq$		
Diallage	$4Ma\,Si^2 + Ma\,Aq^2$	Bronzite	$2Ma\,Si^2 + (fe, Ca)\,Si^2$
	$4Ma\,Si^2 + Ma\,Aq^4$	Baïkalite	$2Ma\,Si^2 + Ca\,Si^2$
		Diopside	$Ca\,Si^2 + Ma\,Si^2$
		Hedenbergite	$Ca\,Si^2 + fe\,Si^2$
		Pyrodmalite	$Ca\,Si^2 + mn\,Si^2$
		Bustamite	$Ca\,Si^2 + mn\,Si$
		Hyperthène	*Ma, fe, Si.*
Diallage	$Ma\,Si^3 + Ma\,Aq$	Bronzite	$4Ma\,Si^3 + fe\,Si$
Pikrolite	$Ma\,Si^3 + Ma\,Aq^2$		
Picrosmine	$3Ma\,Si^3 + Ma\,Aq^2$		
Pyrallolite	$Ma\,Si^3 + Ma\,Aq^3$		
		Trémolite	$Ca\,Si^3 + 3Ma\,Si^2$
		Actinote	$Ca\,Si^3 + 3fe\,Si^2$
		Apophyllite	$8Ca\,Si^3 + K\,Si^6 + 16Aq$

Digitized by Google

DESCRIPTION DES MINÉRAUX

LES PLUS UTILES A CONNAITRE.

DE QUELQUES MÉTAUX A L'ÉTAT LIBRE.

§ 125. Peu de corps simples se trouvent à l'état libre dans la nature; mais parmi eux il en est quelques-uns qui, pour ainsi dire, ne se rencontrent jamais autrement : tels sont surtout le *platine* et l'*or*, dont l'histoire présente d'ailleurs un intérêt général.

Platine.

§ 126. **Caractères.** — Le platine est un métal malléable, dont la couleur, à l'état de pureté, se trouve entre le blanc d'argent et le gris de plomb. C'est le plus lourd de tous les corps connus, son poids spécifique allant jusqu'à 22,069 lorsqu'il a été travaillé; mais c'est aussi le plus inaltérable, complétement infusible au feu le plus violent de nos fourneaux, inattaquable par la plupart des agents chimiques, et ne pouvant être dissous que par l'eau régale.

État naturel et gisement. — On a trouvé quelques grains disséminés de platine dans certaines roches micacées, nommées *itacolumite* parce qu'elles composent la montagne d'Itacolumi dans la province de Minas Géraës au Brésil, qui sont en couches très-étendues et en rapport avec les terrains de cristallisation (1). Mais

(1) On distingue en général deux sortes de terrains : les *terrains de cristallisation* et les *terrains de sédiment* (voyez la *Géologie*). Les premiers n'offrent généralement ni cailloux roulés ni débris organiques, et les matières qu'ils présentent ont presque toujours un caractère cristallin : tout concourt à démontrer qu'ils ont été produits par le feu, ou du moins modifiées profondément par cet agent. Les seconds, formés évidemment sous les eaux, présentent au contraire des cailloux et des sables roulés, et un grand nombre de débris organiques : on y distingue plusieurs étages bien caractérisés par diverses circonstances.

Les diverses matières minérales forment dans ces terrains des couches, des amas et des filons, ou bien elles se trouvent disséminées.

Une *couche* est un dépôt, horizontal ou incliné, qui présente deux faces parallèles, et qui peut s'étendre indéfiniment, n'étant borné que par les escarpements des montagnes.

Un *amas* est un dépôt limité en tout sens par les matières environnantes, soit

Digitized by Google

ce métal se présente surtout en paillettes et en grains roulés, plus rarement en rognons (ou pepites) d'un certain volume, et toujours disséminé dans des matières arénacées plus ou moins grossières, qui renferment en même temps de l'or, sous la même forme, et des diamants. C'est par le lavage, qui enlève les corps les plus légers, qu'on l'extrait de ces matières ; et c'est au résidu métallique de cette opération, après qu'on l'a traité par amalgamation pour en extraire l'or, qu'on donne dans le commerce le nom de *mine de platine*. Le métal, dans ce résidu, se trouve mélangé, ou allié, avec diverses matières, et notamment avec des métaux nommés *palladium*, *rhodium*, *iridium*, et une substance métalloïde, l'*osmium*.

Le palladium est quelquefois en grains isolés avec le platine ; c'est un métal blanc, malléable, infusible, mais attaquable par l'acide nitrique, qui en forme une solution rouge.

Le rhodium est allié au platine ; mais inattaquable même par l'eau régale, il reste sous forme de poussière grise après l'action de ce corps. Cette poussière peut être agglomérée en masse métallique très-cassante.

L'iridium est combiné avec l'osmium sous la forme de petits grains métalliques, ou de lames hexagones, plus éclatants que les grains de platine, et que dès lors on en distingue assez facilement. La combinaison est inattaquable par tous les acides. L'iridium pur est dans le même cas, et ne s'obtient qu'en agrégeant la poussière, qui forme alors une masse grisâtre extrêmement aigre.

Le platine a été découvert dans l'Amérique méridionale, en 1741 ; il se trouve en grande quantité au Brésil, dans les provinces de Minas-Geraës et de Matto-Grosso ; et en Colombie, dans les provinces du Choco et de Barbacoas. On l'a trouvé, en 1824, sur la pente occidentale des monts Ourals, en Russie, et exactement dans les mêmes circonstances qu'en Amérique. Le minerai de platine du Brésil se présente en paillettes peu volumineuses, d'un éclat argentin ; celui de Sibérie est en gros grains irréguliers et souvent comme scoriacés, d'un gris noirâtre et peu éclatant.

Préparation. — Par suite de l'infusibilité du platine et de l'inal-

---

sous trois dimensions à peu près égales, soit étendu sous la forme lenticulaire entre deux couches. Les rognons (§ 32) sont des amas en petit.

Un *filon* est un dépôt en forme de coin, quelquefois ramifié, qui donne toujours l'idée d'une fente remplie, et qui traverse obliquement les couches, les amas, les montagnes. Les très-petits filons prennent le nom de *veines*, mais les veines ne sont pas toujours des fentes remplies.

Digitized by Google

térabilité des matières mélangées, ce métal ne peut être préparé comme les autres. On attaque la mine de platine par l'eau régale, et on précipite par l'hydrochlorate d'ammoniaque. Ce précipité calciné produit ce qu'on nomme le platine en éponge : on broie cette matière, on la réduit en poudre fine qui puisse former une boue avec l'eau, et on place cette boue dans un moule, où on la comprime graduellement, d'abord pour en extraire l'eau, et ensuite assez fort pour rapprocher les particules autant qu'il est possible. Il résulte de cette première opération un gâteau assez solide, que l'on chauffe fortement, et qu'on martelle rapidement sur une enclume avec une masse pesante pour en rapprocher de nouveau les parties. Après cette opération, la masse peut être forgée comme le fer, puis laminée, étirée en fil, etc.

Usages. — Le minerai de platine, qu'on rejetait autrefois comme matière inutile, dont on redoutait même l'introduction, dans la crainte qu'on ne s'en servît pour falsifier l'or, est aujourd'hui exploité avec soin, et par cela même est devenu moins coûteux ; mais la longueur et la difficulté des opérations auxquelles il faut le soumettre rendent encore ce métal assez cher. Cependant son inaltérabilité le rendant très-propre à une foule d'usages, on l'emploie dans beaucoup de circonstances : on en fait des chaudières, des alambics, fort utiles dans les fabriques de produits chimiques ; des creusets, des tubes et des capsules pour les laboratoires ; on en garnit la lumière des armes à feu. On a essayé de l'employer en bijouterie ; mais son poids, son peu d'éclat, sa couleur peu avantageuse, l'ont fait à peu près abandonner. On en fait en Russie des pièces de monnaie. On l'applique sur porcelaine, surtout en couverte totale, qui donne alors l'apparence de l'argenterie.

Faisons observer que l'inaltérabilité du platine n'est pas absolue : la potasse et la soude, les nitrates de ces bases, altèrent ce métal a la chaleur rouge ; le plomb fondu et beaucoup d'autres métaux, le phosphore, ne peuvent être introduits dans les vases de platine, qu'ils perforent en quelques instants.

Or.

§ 127. **Caractères.** — Tout le monde a vu l'or, ne fût-ce que sur les cadres dorés, et connaît la belle couleur jaune qui distingue ce métal de tous les autres. Il est de plus très-lourd, et son poids spécifique va jusqu'à 19,36. Son inaltérabilité est aussi remarquable que celle du platine, car il résiste de même à presque tous les agents, et n'est attaqué que par l'eau régale ; mais il est

Digitized by Google

fusible. Ce métal est extrêmement ductile, ce qui permet de le réduire en feuilles excessivement minces, qu'on emploie pour la dorure à froid.

État naturel. — L'or se présente quelquefois dans la nature à l'état de petits cristaux cubiques ou octaèdres diversement modifiés, souvent groupés sous formes dendritiques; on le trouve quelquefois en lames minces plus ou moins étendues à la surface de diverses matières, ou en filaments qui pénètrent dans leur intérieur. Du reste, il est souvent en paillettes et quelquefois en pepites plus ou moins volumineuses. Fréquemment il est allié avec une certaine quantité d'argent qui varie, suivant les localités, depuis 0,14 jusqu'à 72 pour cent.

Gisement. — Ce métal se trouve rarement dans des gîtes spéciaux, où il est en cristaux, en lames, en filaments, dans des filons de quarz; le plus souvent il est disséminé dans d'autres gîtes métallifères, principalement dans les minerais d'argent ou dans les matières terreuses qui les accompagnent. En Europe, ces minerais aurifères sont peu riches, et les plus renommés sont ceux de Hongrie et de Transylvanie, qui aujourd'hui couvrent à peine les frais d'exploitation. Au Mexique et au Pérou, ils sont au contraire très-riches, et surtout répandus en quelque sorte avec profusion. Certains minerais de cuivre, certains gîtes de pyrites en renferment également, et ces derniers quelquefois en quantité assez notable pour fournir aux frais d'exploitation.

Les roches micacées d'Itacolumi renferment aussi de l'or disséminé; mais c'est surtout dans certains terrains d'alluvion proprement dits que ce métal se trouve en quantité considérable, comme en Colombie, au Brésil, au Chili, et sur la pente occidentale des monts Ourals. Ce sont les mêmes dépôts qui renferment le platine et le diamant, et c'est de là que sort, vu la facilité de l'exploitation, la plus grande partie de l'or qui entre annuellement dans la circulation. Dans un grand nombre de lieux il existe des sables aurifères, et c'est du milieu d'eux que les ruisseaux arrachent quelques paillettes d'or qu'ils roulent dans différentes contrées et qu'ils isolent par un lavage continuel. En France, l'Ariége est une des rivières les plus renommées sous ce rapport, qui autrefois a pu donner à vivre à quelques *orpailleurs*, gagnant par leurs recherches une vingtaine de sous par jour. Le Pactole avait une grande réputation chez les anciens. Il paraît que dans l'intérieur de l'Afrique il y a également des sables et des ruisseaux aurifères, ce dont on juge du moins par le commerce de poudre d'or qui s'y fait journellement. Quelques parties de l'Asie

Digitized by Google

australe paraissent aussi être fort riches en or, mais on a peu de renseignements sur les gisements et les lieux d'exploitation.

Pour nous, l'Amérique équatoriale est en quelque sorte le pays de l'or, ou plus généralement des métaux précieux : sur une valeur de 82 millions de francs que produisent annuellement 24,000 kilogrammes d'or extraits sur tous les points de la terre suffisamment connus, elle en donne au moins 64. L'Amérique septentrionale en produit à peu près 4 ; la Sibérie en fournit, dit-on, 8 aujourd'hui ; la Hongrie et la Transylvanie en donnent tout au plus 4, et le reste de l'Europe produit à peine sous ce rapport une centaine de mille francs. Heureusement le prestige de l'or est dissipé chez nous par les autres produits : le fer fournit, à lui seul, un produit annuel de près de 500 millions, et les humbles combustibles charbonneux près de 180.

Usages. — Outre son usage comme monnaie, l'or est employé dans la bijouterie, et surtout pour la dorure, dans une multitude de cas. On l'applique sur tous les corps par différents moyens : d'un côté, par l'intermédiaire du mercure, avec lequel on l'amalgame, qu'on étend ensuite sur la pièce et qu'on soumet à la chaleur pour chasser le métal volatil : c'est la dorure à l'*or moulu*. D'un autre côté, on dore aujourd'hui par la méthode galvanoplastique, dans laquelle on fait à froid précipiter l'or dissous sur les pièces qu'on en veut couvrir. On emploie aussi des poudres provenant de précipités, qu'on fait fondre sur la couverte des poteries ; et enfin, des feuilles excessivement minces qu'on colle à la surface des corps. On se sert aussi de quelques préparations d'or en médecine.

Argent.

§ 128. Métal blanc, ductile, fusible, dont le poids spécifique est 10,47 ; ce qui le distingue immédiatement de l'étain, avec lequel il a quelques rapport, et qui pèse un tiers de moins. Il n'est nullement attaquable par les acides végétaux, ce qui le rend très-précieux pour les usages de la vie ; il est très-peu oxydable et conserve en conséquence son brillant à l'air ; l'hydrogène sulfuré le ternit et le noircit, et c'est pour cela que les œufs noircissent l'argenterie dont nous nous servons habituellement.

L'argent se présente naturellement en petits cristaux octaèdres ou cubiques, presque toujours groupés sous formes dendritiques ; souvent il est en filaments, qui sont quelquefois très-minces, et fréquemment entremêlés ou comme feutrés.

A l'état métallique, l'argent se trouve à peu près dans tous les gîtes de sulfure d'argent, ou quelquefois on le rencontre en masses

Digitized by Google

considérables : il est surtout très-abondant dans certaines matières argilo-ferrugineuses, qu'on nomme *pacos* au Pérou et *colorados* au Mexique, où il se trouve avec du chlorure d'argent.

L'argent à l'état libre est extrait soigneusement partout où il se trouve ; mais c'est surtout le sulfure en Europe, le sulfure et le chlorure au Mexique et au Pérou, qui fournissent la plus grande partie de ce métal à la consommation : nous y reviendrons en parlant de ces corps. La quantité d'argent extraite annuellement du sein de la terre est d'environ 1 million de kilogrammes, dont la valeur est à peu près de 200 millions de francs ; l'Amérique en fournit à elle seule les neuf dixièmes. On emploie ce métal pour les monnaies, pour les couverts, la vaisselle et beaucoup d'ornements L'argenture se fait par les mêmes moyens que la dorure. On se sert en médecine du nitrate d'argent fondu, sous le nom de *pierre infernale*, pour cautériser certaines excroissances charnues.

Mercure.

§ 129. Métal liquide à la température ordinaire ; blanc d'argent, volatil. Poids spécifique, 13,60 à 0°.

Il existe dans la nature, partie à l'état métallique, partie à l'état de sulfure, ou *cinabre*, qui constitue la masse principale des dépôts ; c'est plus particulièrement dans les parties inférieures des terrains de sédiment, et près des dépôts de cristallisation, qu'il se trouve. Il est peu abondamment répandu, et les principaux gîtes sont ceux d'Idria près de Trieste, d'Almaden en Espagne, du Palatinat sur la rive gauche du Rhin, et de Huanca-Velica au Pérou.

L'exploitation annuelle est à peu près évaluée à 2 millions et demi de kilogrammes, dont l'Europe fournit au moins les neuf dixièmes, et dont la valeur est de 12 millions de francs. La plus grande partie est employée pour le traitement des matières aurifères et argentifères, car le mercure dissout facilement l'or et l'argent, et il suffit de triturer, avec les précautions convenables, les matières qui renferment ces précieux métaux avec du mercure pour en retirer la plus grande partie. C'est sur cette propriété qu'est fondé ce qu'on nomme le *procédé d'amalgamation*. Une grande partie du mercure passe pour cela dans l'Amérique équatoriale.

L'étamage des glaces est un amalgame de mercure et d'étain ; on sait qu'on emploie le mercure pour les baromètres et les thermomètres, qu'il y a dans tous les laboratoires une cuve à mercure pour récolter les gaz, et que quelques sels, quelques préparations mercuriels sont employés en médecine.

Digitized by Google

Cuivre.

§ 130. Métal de couleur rouge, d'une odeur désagréable, ductile, fusible, facilement attaquable par tous les corps, et se couvrant à l'air d'un enduit d'oxyde ou de carbonate vert, produisant facilement du vert-de-gris (sous-acétate de cuivre). Poids spécifique, 8,87, lorsqu'il est écroui.

Le cuivre se trouve quelquefois en cristaux octaèdres et cubiques ou en prismes rectangulaires, § 47, le plus souvent groupés en dendrites; quelquefois en lames irrégulières, en filaments, en rognons, en petites veines dendritiques dans plusieurs matières; on en cite en masses isolées au milieu des sables et des rivières. C'est toujours en très-petite quantité que ce métal se trouve à l'état natif, et ce sont les sulfures, simples ou doubles, qui sont exploités pour le préparer en grand. Il en entre annuellement environ 20 millions de kilogrammes dans le commerce, dont la valeur est à peu près de 76 millions de francs. Malheureusement la France entre à peine pour 5 à 600 mille francs dans ce produit, et elle en tire annuellement pour 7 à 8 millions de l'étranger.

§ 131. Plusieurs autres métaux, comme le bismuth, l'antimoine, l'arsenic, le tellure, se trouvent à l'état natif en petite quantité; mais ils entrent aussi dans plusieurs composés, dont nous devons naturellement parler : c'est alors que nous en indiquerons les caractères et les usages.

CLASSE DES SIDÉRIDES, MANGANIDES, etc.

§ 132. **Caractères du groupe.** — Nous avons ici un groupe de corps très-naturels, qui sont tous isomorphes à l'état d'oxydes, et qui peuvent en conséquence se remplacer mutuellement dans les diverses combinaisons.

A l'état de simple oxyde, ils présentent tous la composition de trois atomes d'oxygène et deux atomes de bases; un seul forme en outre un oxyde plus élevé $\ddot{M}n$. Deux d'entre eux se trouvent à cet état nettement cristallisés, le *corindon* et l'*oligiste*, et non-seulement ils se rapportent au même système, mais encore sont réellement identiques, l'un offrant un rhomboèdre qui, dans les mesures les plus exactes, présente entre ses faces des angles de 86° 10' et 93° 50', l'autre donnant 86° 4' et 93° 56', différence inappréciable si tant est qu'elle soit rigoureusement vraie. L'*oxyde de chrome* donne par la fusion des petits rhomboèdres que nous

Digitized by Google

n'avons pu mesurer. Quant à la *braunite,* sa forme est un octaèdre à base carrée.

Les *hydrates gœtite* et *acerdèse*, qui ont la même formule chimique, cristallisent dans le même système. Les *ferrates*, *manganates* et *chromites* désignés sous les noms d'*aimant*, *franklinite*, *hausmanite* et *sidérochrome*, qui ont la même formule, cristallisent en octaèdres réguliers, ou en octaèdres à bases carrées très-rapprochées, et ont souvent d'ailleurs tant d'analogie qu'il est presque impossible de les distinguer immédiatement à l'œil. Le sidérochrome est souvent même un mélange de chromite et d'aluminate de fer de la même formule. Ajoutons que les *aluminates spinelle, gahnite* et *pléonaste,* quoique composés différemment, cristallisent encore en octaèdres réguliers.

Les analogies seraient encore bien plus évidentes, bien plus remarquables, si nous mettions en comparaison tous les produits de laboratoire qui se rapportent à cette division.

Parmi les corps que nous réunissons ici, il en est quelques-uns qui méritent plus particulièrement notre attention. Ce sont le *corindon* et le *spinelle*. qui fournissent à la joaillerie le rubis oriental, le saphir et le rubis spinelle ; le *fer*, l'*oligiste*, la *limonite* et l'*aimant*, dont le premier nous offre une origine remarquable, et dont les autres sont des minerais importants ; enfin la *pyrolusite* et l'*acerdèse,* qui servent à la préparation du chlore, si utile dans les fabriques de toiles peintes.

1° Groupe des Aluminides.

Ceux de ces corps qui donnent de l'eau par calcination peuvent être attaqués par les acides; ceux qui sont anhydres ont besoin avant tout d'être préalablement fondus avec la potasse ou la soude. La solution donne par l'ammoniaque un précipité abondant d'alumine, § 99, 7°.

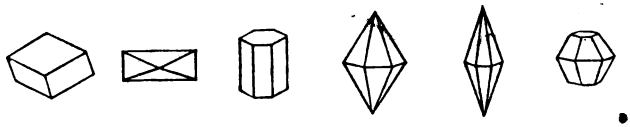
Corindon.

§ 133. **Caractères.** — Substance anhydre, vitreuse ou pierreuse, cristallisable, et se clivant alors en rhomboèdre de 86° 4' et 94° 56'. Poids spécifique, 4,28, dans la variété connue sous le nom de *rubis ;* 3,99 ou 4, dans celles qu'on nomme *saphir* et *topaze orientale,* et descendant à 3,66 dans les variétés grossières. Elle est infusible au chalumeau ; sa dureté, qui ne cède qu'à celle du diamant, est assez grande pour rayer tous les autres corps. Le corindon est essentiellement formé d'alumine, mais il est souvent mélangé de diverses matières étrangères.

Les cristaux de cette substance sont des rhomboèdres, simples

Digitized by Google

ou tronqués profondément au sommet; des prismes hexagones réguliers, des dodécaèdres à triangles isocèles plus ou moins aigus, ou ces mêmes dodécaèdres tronqués, comme dans les figures suivantes.



On le trouve aussi en rognons clivables et en masse granulaire.

Emplois. — Le corindon est quelquefois limpide; ailleurs il est jaune, bleu ou rouge, plus ou moins foncé, quelquefois vert. Les variétés jaune, bleue et rouge, et surtout les deux dernières, sont recherchées pour la joaillerie, et sont désignées souvent sous les noms de *topaze orientale*, *saphir* et *rubis*; la variété verte, fort rare lorsqu'elle est d'une belle teinte, s'emploie aussi sous le nom d'*émeraude orientale*. Le rubis, d'une belle teinte de feu et bien pur, est une belle pierre dont la valeur dépasse de beaucoup celle du diamant; le saphir bleu-barbeau ou bleu-indigo est le plus estimé, et aussi d'une grande valeur. Les variétés grossières du corindon sont recherchées pour les réduire en poudre plus ou moins fine, qu'on nomme *émeri*, et qui sert à tailler et polir les corps durs; mais on donne souvent ce nom dans le commerce à des matières tout à fait différentes.

Gisement. — Cette substance appartient aux terrains de cristallisation; elle s'y trouve disséminée et particulièrement dans le granite (1). Cependant elle existe aussi dans ce qu'on nomme les basaltes (2) et dans le double carbonate de chaux et de magnésie, ou dolomie. On la trouve souvent hors de place, en cristaux, isolés dans les sables qui proviennent de la destruction des roches, et qui sont entraînés par les ruisseaux.

---

(1) Les *granites* sont des roches composées de trois substances, *mica, feldspath, quarz*, réunies en parties à peu près égales et constituant un tout à structure granulaire. Quand ces substances sont réunies par feuillets entremêlés, la roche prend le nom de *gneiss*. Quand il n'y a que du *quarz* et du *mica*, la roche schisteuse prend le nom de *micaschistes* ou *schiste micacé*. Quand le quarz disparaît aussi, on donne souvent à la roche le nom de *schiste argileux*, composé de petites lamelles empilées, et passant à l'argile schisteuse.

(2) Les basaltes sont des matières pierreuses plus ou moins compactes, noires ou grises, qui forment des buttes isolées, des plateaux souvent très-étendus, quelquefois des coulées qui se rattachent à des cônes volcaniques. Les uns et les autres sont souvent accompagnés de matières scoriacées en masses plus ou moins considérables. (Voyez la *Géologie*.)

Digitized by Google

C'est dans l'Asie méridionale (côtes de Malabar, Tibet et Chine) que le corindon se trouve en plus grande quantité, et c'est de ces contrées qu'il nous arrive en pierres toutes taillées ; mais il existe aussi dans les granites des Alpes, et surtout dans les dolomies du Saint-Gothard, dans le ruisseau d'Expailly, près du Puy en Velay, etc.

Spinelle, gahnite, pléonaste, cymophane.

§ 134. Les trois premiers de ces aluminates anhydres, à base de magnésie, de zinc et de fer se trouvent cristallisés en octaèdre régulier avec ses diverses modifications. Ce sont encore des matières vitreuses, infusibles, très-dures, qui rayent toutes les autres et ne sont rayées que par le corindon. Elles appartiennent aussi aux terrains de cristallisation, y sont disséminées comme le corindon, et se trouvent, comme lui, dans les sables des ruisseaux.

Le *spinelle,* lorsqu'il est d'un beau rouge, est aussi employé dans la joaillerie, et connu sous le nom de rubis spinelle ; les teintes rosâtre, lie de vin, etc., sont beaucoup moins estimées et prennent le nom de rubis balais ; les variétés bleues sont quelquefois assez agréables et vont de pair avec les saphirs pâles. C'est aussi de l'Inde que ces spinelles nous arrivent tout taillés.

La *gahnite,* ou aluminate de zinc, est verdâtre ou grisâtre et disséminée dans des matières talqueuses. On ne la connaît encore qu'en Suède, ou près de la ville de Franklin, dans l'Amérique septentrionale.

Le *pléonaste* est une matière noire qu'on trouve dans les dolomies qui font partie des débris dont le Monte-Somma, base du Vésuve, est entouré, ou qui existent en Tyrol, entremêlés dans les terrains de cristallisation. On le trouve également dans les détritus basaltiques et trachytiques.

Le *cymophane* offre aussi une pierre très-recherchée dans la joaillerie, qui est susceptible d'un beau poli, et qui produit un fort bel effet lorsqu'elle est taillée à facettes. On le connaît dans le commerce de pierreries sous le nom de *chrysolite orientale* et de *topaze orientale,* et on le confond souvent avec le corindon jaune qui porte les mêmes noms.

Le cymophane est une pierre jaune ou d'un vert jaunâtre, rayant le quarz, mais rayée par le spinelle, infusible au chalumeau. On le trouve cristallisé en prismes rectangulaires, souvent modifiés sur toutes les arêtes et tous les angles, et offrant surtout des prismes hexagones qu'on a quelquefois pris pour des corindons jaunes.

Digitized by Google

Ailleurs il est en petite masse informe. Les recherches récentes de M. Awdejew ont fait connaître que c'est une aluminate de glucine, quelquefois pur et quelquefois mélangé de silice. Cette substance se trouve disséminée dans les pegmatites de l'Amérique septentrionale, ou en cristaux roulés dans les sables du Brésil et de Ceylan.

§ 135. Les différents hydrates d'alumine et d'aluminates sont jusqu'à présent des matières peu importantes.

2° Groupe des Sidérides.

Corps attaquables par l'acide azotique, soit avant, soit après avoir été calcinés avec la poussière de charbon. Solution précipitant abondamment en bleu par le cyanure ferroso-potassique.

Fer natif.

§ 136. **Dans les pierres météoriques** — Le fer à l'état métallique se présente en grains isolés dans les pierres qui tombent parfois de l'atmosphère, ou en masses erratiques, dont quelques-unes sont tombées à la vue d'un grand nombre de personnes, et dont les autres, d'après tous leurs caractères, ont eu très-probablement la même origine.

La chute des pierres de l'atmosphère est un fait connu de toute antiquité, mais qu'on a relegué avec une sorte d'acharnement parmi les contes populaires, jusqu'à la chute des pierres qui eut lieu à Sienne, en Toscane, le 16 juin 1794; à celle qui eut lieu à Wold-Cottage, dans le Yorkshire, le 13 décembre 1795; à celle de Bénarès, dans l'Inde, le 19 novembre 1798. Plusieurs bons esprits furent alors couvaincus, surtout en Angleterre; mais l'incrédulité resta parmi les savants français jusqu'à la chute des pierres de l'Aigle, le 26 avril 1803. Celle-ci fut constatée de telle manière, qu'il ne fut plus possible de conserver aucun doute : on crut enfin aux faits nombreux consignés dans divers ouvrages, et qu'on avait jusqu'alors rejetés, malgré les détails les plus circonstanciés et les témoignages les plus authentiques.

Ces pierres météoriques sont des masses arrondies plus ou moins volumineuses, couvertes d'une écorce noire, quelquefois brillante et vitreuse. L'intérieur est une matière grise, composée de diverses substances terreuses ou métalliques, dont quelques-unes sont cristallisées et les autres en globules ou en petites veines. Le fer s'y trouve allié avec du nickel et du chrome dans toutes les analyses qui ont été faites.

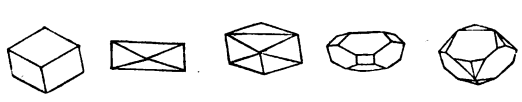
Digitized by Google

En blocs erratiques. — La chute de certains blocs de fer n'est pas moins constatée que celle des pierres. Il est certain qu'il en tomba un à Hrasina, près d'Agram, en Croatie, le 26 mai 1751 ; un autre à Lahore, dans l'Indoustan, le 17 avril 1621 ; un troisième dans la forêt de Naundorf, en Misnie, etc. Ces matières sont cristallines et caverneuses ; elles renferment du nickel et du chrome à l'état d'alliage. comme le fer qui se trouve dans les pierres météoriques. Or il existe aussi dans beaucoup de localités, à la surface des terres, des masses de fer plus ou moins considérables, qui reposent sur toute espèce de dépôts, même sur la terre végétale, qui sont également caverneuses et renferment du nickel et du chrome, qu'on ne trouve dans aucun fer de fabrication : il est d'après cela infiniment probable que ces masses sont tombées de l'atmosphère, comme les précédentes. La plus renommée de ces masses adventives est celle qui se trouve près de la ville de Jenisseik, en Sibérie, où elle a été examinée par Pallas, et qu'on nomme à cause de cela fer de Pallas ; elle est évaluée à 700 kilog. Il y en a de bien plus considérables : par exemple, une de 14,000 kilog. à Olumpa, près de Saint-Yago, dans le Tucuman ; une de 19,000 kilog. aux environs de Durango, au Mexique ; enfin sur les bords du Sénégal on en cite une d'un volume énorme, qu'on regarde comme la plus considérable de toutes.

Dans d'autres gisements et dans les houillères embrasées. — On a cité de petites quantités de fer natif dans diverses matières, dans du quarz, dans du peroxyde de fer, dans du carbonate de ce métal, et dans certains produits volcaniques ; mais il n'y a rien là de bien positif. Il s'en est trouvé qui est plus ou moins aciéré dans les produits des houillères embrasées, par exemple, à Labouiche, près de Néris, en Auvergne.

Oligiste. — *Fer spéculaire, peroxyde de fer.*

§ 137. **Caractères.** — Substance douée de l'éclat métallique, et gris de fer, à l'état de cristaux ; rouge plus ou moins foncé à tout autre état, et dans tous les cas à poussière rouge ; cristallisant en rhomboèdre de 86° 10' et 93° 50' ; infusible au chalumeau au feu d'oxydation, fondant au feu de réduction, et donnant alors un globule noir magnétique ; renfermant 69 pour 100 de fer lorsqu'elle est pure.



Digitized by Google

Les cristaux d'oligiste présentent le plus souvent des rhomboèdres, comme dans les figures ci-jointes, simples ou tronqués profondément au sommet, même jusqu'à se réduire à des lames minces, ou qui sont terminées par un rhomboèdre plus obtus, et modifiés de diverses manières sur les angles latéraux. On trouve aussi des prismes hexagones, ordinairement très-courts, des dodécaèdres tronqués au sommet, et parfois modifiés sur trois arêtes alternes, etc.

Les grandes masses douées de l'éclat métallique sont à structures laminaire, lamellaire, granulaire, quelquefois schisteuse, à feuillets plus ou moins épais, composés de petites écailles, et ressemblant à l'ardoise; ailleurs elles sont formées de petites écailles entremêlées, et dans beaucoup de cas elles sont tout à fait compactes.

Les variétés non métalloïdes sont quelquefois modelées sur du carbonate de chaux, dont elles conservent les formes d'une manière plus ou moins nette; ailleurs elles sont stalactitiques à structure fibreuse, et prennent souvent alors le nom d'*hématite rouge;* enfin elles sont en masses compactes ou terreuses.

Gisement. — L'oligiste constitue des dépôts plus ou moins considérables dans les terrains de cristallisation, où il présente le plus souvent l'éclat métallique, et dans les dépôts inférieurs ou moyens de sédiment, où il est presque toujours lithoïde ou terreux. Dans les premiers, il forme quelquefois des montagnes entières, comme à Gellivara en Laponie, des amas ou des filons puissants; quelquefois il remplace le mica dans les micaschistes, sur des étendues considérables, comme à la montagne d'Itacolumi au Brésil, et dans quelques schistes micacés de Bretagne. Dans les dépôts de sédiment, il se trouve particulièrement dans les parties qui avoisinent les terrains de cristallisation (1).

(1) Pour fixer les idées, citons quelques divisions des terrains de sédiment.

Les parties les plus basses, composées de matières schisteuses, de calcaires et de roches arénacées particulières, forment ce qu'on nomme les *dépôts cambriens, siluriens* et *devoniens;* ils sont caractérisés par des débris d'animaux dont les genres et les espèces sont perdus. Au-dessus viennent les *dépôts carbonifères*, caractérisés par l'abondance de la houille, par des matières arénacées qu'on nomme particulièrement *grès houiller*, et différents dépôts calcaires. Plus haut se présentent diverses alternances de grès et de calcaire, *grès rouge*, *calcaire pénéen*, *grès bigarré*,

Digitized by Google

On retrouve ce minéral en petites parties dans les granites des Alpes, dans les fissures des trachytes (1) et des laves (2), dans les cratères de quelques volcans anciens ou modernes, etc.; il est alors à l'état métalloïde. On le retrouve à l'état terreux dans un grand nombre de lieux, où il provient de la décomposition de diverses matières, et où presque toujours il est mélangé de substances alumineuses; c'est alors qu'il forme ce qu'on appelle les *ocres rouges*.

Usages. — L'oligiste est un des minerais de fer les plus importants, celui qui donne, en général, les fers les plus purs. Il forme une source de richesses considérables et inépuisables pour la Suède, où il existe en abondance, et surtout à l'état métalloïde. En France, nous ne pouvons guère citer à cet état que les mines de l'île d'Elbe, d'où proviennent la plupart des beaux échantillons cristallisés qu'on trouve dans les collections; les autres mines, comme la Voulte, dans l'Ardèche, nous offrent des minerais lithoïdes et terreux; ou un mélange partie métalloïde, partie terreux, comme à Framont, dans les Vosges.

Les variétés terreuses sont souvent employées pour les peintures grossières, sous le nom de *rouge de Prusse* et d'*ocre rouge;* les plus argileuses forment les *crayons rouges* ou *sanguine*. Les variétés stalactitiques, ou hématites, sont recherchées pour faire des *brunissoirs*, au moyen desquels on donne le dernier brillant à l'argenterie et à quelques métaux.

---

calcaire conchylien, marnes irisées, jusqu'aux grands dépôts qu'on a désignés sous le nom de *formation jurassique*. Celle-ci présente à sa base le calcaire nommé *lias*, au-dessus duquel se trouvent des alternances nombreuses de calcaire compacte et oolitique; elle se termine à des dépôts particuliers de calcaire et d'argile qui préludent à la *craie*. C'est dans les bassins limités par la craie que se sont formés les *calcaires parisiens*, base des terrains tertiaires, qui sont recouverts par diverses formations, les unes marines, les autres fluviatiles.

Chacune de ces divisions peut se trouver plus ou moins rapprochée des terrains de cristallisation, et souvent se présente comme enclavée au milieu d'eux en offrant alors des caractères et des circonstances dignes d'attention.

(1) Les *trachytes* sont des roches plus ou moins âpres, plus ou moins poreuses, scoriacées même dans quelques parties, qui se lient avec des roches vitreuses, ponceuses, etc.

(2) On nomme *laves* les matières pierreuses que les volcans émettent dans leurs paroxysmes, et qui à l'état de fusion pâteuse s'étendent, sous forme de courants, sur les flancs de la montagne en se portant quelquefois jusqu'à de grandes distances.

Digitized by Google

Limonite. — *Fer hydraté, mine de fer en grains.*

§ 436. — Substance non métalloïde, brune ou jaune, à poussière jaune, donnant par calcination de l'eau et un résidu d'oxyde rouge, qui se conduit ensuite comme l'oligiste au feu de réduction.

Cette matière est un hydrate renfermant 80 pour 100 de peroxyde de fer, et par conséquent 55 pour 100 de métal. Elle présente quelquefois de *très-petits cristaux* aciculaires qui paraissent offrir des prismes rhomboïdaux droits, portant un grand nombre de modifications sur les arêtes et les angles. Le plus souvent elle se trouve sous des *formes empruntées* qui offrent des cubes et des octaèdres provenant de la décomposition du sulfure de fer, des boules formées autrefois par ces cristaux, des rhomboèdres groupés qui proviennent de la décomposition du carbonate de fer, ou des formes de carbonate de chaux dont les cristaux ont été recouverts ou remplacés par la limonite; fréquemment ce sont des formes de coquilles et de madrépores.

Cette substance se trouve aussi en *stalactites* à structure fibreuse ou compacte, qui prennent le nom d'*hématite brune*. Souvent elle se présente en gros *rognons* creux à l'intérieur, et renfermant un noyau libre de la même matière, qu'on nomme vulgairement *pierre d'Aigle*. Elle est très-commune sous la *forme oolitique*, tantôt à globules libres, tantôt à globules étroitement réunis entre eux; quelquefois elle est *schisteuse* à feuillets compactes séparés par des enduits micacés. Elle se présente aussi en masses compactes, tantôt pleines, tantôt caverneuses ou cloisonnées. Enfin on la trouve à l'état terreux, où elle est souvent mélangée de matière argileuse et quelquefois d'hydrate d'alumine de la même formule de composition, $Al^3\,Aq$, qui lui donne beaucoup de douceur; à cet état, elle constitue l'*ocre jaune*.

Gisement. — La limonite appartient tout entière aux terrains de sédiment; elle y forme des amas puissants qui commencent à se montrer dans les parties les plus anciennes et au voisinage des terrains de cristallisation; elle s'étend ensuite jusque dans les dépôts les plus modernes. Elle est surtout extrêmement abondante vers le milieu de la série des dépôts sédimentaires, où la variété oolitique forme d'un côté des couches puissantes, et de l'autre des amas qui paraissent avoir rempli des cavernes et des fentes dans la formation jurassique. On en trouve encore plus haut des couches de même espèce qui préludent à la craie, ainsi que des dépôts terreux plus ou moins mélangés

Digitized by Google

Usages. — Cette espèce est encore un minerai précieux pour diverses contrées, et c'est elle, surtout à l'état oolitique, qui alimente la plupart des nombreuses usines de la France, dans la Normandie, le Berry, la Bourgogne, la Lorraine, la Franche-Comté. On remarque en général que les couches oolitiques intercalées régulièrement dans les dépôts calcaires produisent des fers plus cassants que les dépôts formés dans les cavernes et les fentes du terrain, et on attribue cette différence à la présence des phosphates produits par les nombreux débris organiques qui se trouvent dans les premières. Lorsqu'il reste plus d'un centième de phosphore dans le fer, ce métal n'est plus propre à aucun usage; mais, à très-petite dose, il en résulte une certaine dureté qui n'est pas sans avantage dans quelques cas.

Ces sortes de minerais, étant rarement purs, ont plus besoin que l'oligiste d'être partout bien connus de composition, pour pouvoir appliquer au traitement les doses convenables de ce qu'on appelle les fondants, qui consistent tantôt en chaux, tantôt en silice, et dont l'objet est de former avec les matières étrangères des combinaisons fusibles qui s'écoulent en scories et laissent dégager le métal.

Les variétés terreuses, plus ou moins argileuses, sont exploitées pour la peinture, soit qu'on les emploie à l'état naturel, soit qu'on les ait préalablement lavées avec soin. La terre d'Italie, la terre d'Ombre, ne sont que des variétés mélangées d'hydrate de manganèse, qui donne à la masse un ton brunâtre; la terre de Sienne est aussi un ocre qui renferme un peu de peroxyde de fer sans eau, et qui prend alors une teinte rougeâtre, ce qu'on produit souvent par une simple calcination. On calcine l'ocre jaune pour produire l'ocre rouge en enlevant ainsi son eau.

Aimant. — *Fer oxydulé, fer oxydé magnétique.*

§ 139. **Caractères.** — Substance noire, douée de l'éclat métallique, à poussière noire; attirable au barreau aimanté et magnétique; fusible au chalumeau au feu de réduction, et n'éprouvant alors aucune altération.

Cette substance, comme l'indique le signe, est formée de peroxyde de fer combiné avec du protoxyde, environ 69 de l'un et 31 de l'autre, et offrant en tout 72 pour cent de métal; c'est par conséquent le minerai de fer le plus riche. Sa cristallisation, toute différente de celle de l'oligiste, se rapporte au système cubique; les cristaux sont le plus souvent des octaèdres simples ou modifiés; quelquefois des dodécaèdres rhomboïdaux.

Digitized by Google

En masse, cette matière est laminaire, lamellaire ou compacte, quelquefois terreuse.

Gisement et usages. — L'aimant appartient exclusivement aux terrains de cristallisation; souvent il est disséminé en cristaux dans diverses roches, et surtout dans les roches magnésiennes de ces formations; mais il forme aussi dans diverses localités des dépôts considérables, et même des montagnes entières, comme à Taberg, en Smolande. Ailleurs ce sont des bancs épais qui se succèdent et se répètent plusieurs fois sur la hauteur d'une même montagne. C'est surtout en Suède et en Norwége qu'il est abondant; il offre le plus excellent minerai de fer, et le plus facile à traiter. Le fer qu'on en obtient est le plus pur que l'on connaisse, ce qui le fait rechercher dans toutes les parties de l'Europe pour certains ouvrages auxquels il est le plus propre par sa douceur; c'est le seul qui produise de bon acier fondu. Mais on conçoit que par cette douceur même il soit impropre à tout ce qui exige un peu de raideur, et qu'on préfère alors les fers plus ou moins impurs de diverses localités.

Ce sont les variétés compactes de cette espèce, et surtout celles où l'on ne trouve plus l'éclat métallique, dans lesquelles il existe des mélanges soit de peroxyde de fer, soit d'hydrate de ce peroxyde, qui constituent ce qu'on nomme la *pierre d'aimant*, remplacée aujourd'hui pour les expériences par les aimants artificiels.

Observation. — Nous verrons plus tard d'autres espèces de minerais de fer qui ont aussi leur importance; savoir : d'une part le carbonate, de l'autre un alumino-silicate, qui forme des dépôts étendus confondus jadis avec le minerai de fer en grains.

3° Groupe des Manganides.

Corps donnant tous plus ou moins de chlore par l'action de l'acide hydrochlorique. Donnant par la fusion avec la soude une fritte verte, soluble dans l'eau, qu'elle colore en vert, et dont il se précipite peu à peu de l'oxyde brun.

Pyrolusite. — *Peroxyde de manganèse.*

§ 140. **Caractères.** — Matière douée de l'éclat métallique, gris d'acier, et à poussière d'un noir décidé, qui la distingue de toutes les autres espèces; cristallisant en prismes rhomboïdaux obliques; infusible au chalumeau et devenant rouge-brun au feu de réduction; produisant une vive effervescence par la fusion avec le verre de borax, et donnant ensuite un verre violet-améthyste.

Digitized by Google

La pyrolusite, M̈n, est celui des oxydes de manganèse qui renferme le plus d'oxygène, dont il perd 12 pour 100 par l'action de la chaleur rouge suffisamment prolongée, pour se transformer en oxyde rouge, désigné par les minéralogistes sous le nom d'hausmanite, et analogue par sa composition, *mn* Mn^3, au ferrate de fer que nous venons de décrire.

Cette substance se trouve assez souvent en cristaux prismatiques allongés, groupés en masses bacillaires ou fibreuses; elle se présente aussi sous la forme mamelonnée, et constitue en grand des masses compactes, quelquefois caverneuses, dont les cavités sont remplies par la variété à l'état terreux.

Gisement. — Les gîtes de pyrolusite appartiennent aux terrains de cristallisation comme aux terrains de sédiment; ce sont des amas plus ou moins considérables, qu'on exploite partout où ils se trouvent suffisamment à proximité des routes. Les localités les plus connues en France sont la Romanèche, près de Mâcon, les environs de Périgueux, Calvéron, dans le département de l'Aude, etc. Les minerais de Romanèche et de Périgueux sont les plus communs à Paris.

Usages. — La pyrolusite est une matière éminemment utile dans les arts, pour la préparation du chlore et de l'eau de javelle dans les fabriques de toiles peintes et les blanchisseries. On l'emploie dans les verreries pour purifier le verre blanc des teintes jaunes produites par le charbon, qui se trouve alors brûlé par l'oxygène que la chaleur dégage; mais si l'on dépasse la dose nécessaire, le verre prend une couleur violette, ce que l'on voit souvent dans les verreries communes. C'est le plus souvent en chauffant le peroxyde de manganèse dans une cornue qu'on prépare l'oxygène dans les laboratoires, lorsqu'il n'est pas nécessaire de se le procurer au plus grand état de pureté.

Pour ces divers usages, il faut, autant que possible, se procurer les minerais purs, non-seulement exempts de matières étrangères dont ils sont souvent mélangés, mais encore de toutes les autres espèces distribuées dans le tableau; parce que, renfermant beaucoup moins d'oxygène, elles diminuent d'autant l'action du minerai auquel elles sont associées. Aussi a-t-on soin d'essayer les matières pour fixer leur valeur commerciale, ce qui se fait en cherchant d'un côté combien une quantité donnée de minerai produit de chlore, et de l'autre combien elle dépense pour cela d'acide hydrochlorique; on calcule par là le prix du litre de chlore pour chaque matière. Le peroxyde de manganèse pur ne doit consommer qu'une quantité d'acide hydrochlorique double de celle que

Digitized by Google

produit le chlore obtenu ; or, certains mélanges de pyrolusite avec de l'acerdèse, des oxydes de fer, du calcaire, etc., en dépensent plus du quadruple, ce qui montre immédiatement la différence de prix que ces matières doivent avoir.

Acerdèse (ἀκέρδης, non profitable).

§ 141. **Caractères.** — Substance d'un éclat métallique lorsqu'elle est cristallisée, et noire dans le cas contraire ; toujours à poussière brune, ce qui la distingue immédiatement de la précédente ; donnant de l'eau par calcination, et faisant peu d'effervescence quand on la fond avec le borax.

On trouve quelquefois l'acerdèse en prismes rhomboïdaux droits, fréquemment groupés entre eux et composant des masses bacillaires ou fibreuses, quelquefois à fibres très-fines peu agrégées. Elle se trouve aussi en petites masses mamelonnées, en stalactites, ou en enduit plus ou moins épais sur les stalactites de limonite. Elle existe également en globules formés de couches concentriques, comme la limonite en grains, dont elle est alors plus ou moins mélangée. Quelques petits nids, ou certains enduits, sont composés d'écailles brillantes, métalloïdes, plus ou moins agrégées, et passent à des variétés terreuses. C'est cette matière qui produit les herborisations noires à la surface de certains calcaires.

La composition de cette espèce est fort différente de la première, car non-seulement c'est un hydrate, mais encore l'eau s'y trouve combinée avec un oxyde inférieur à celui qui constitue la pyrolusite. C'est pour cela qu'il y a peu d'effervescence avec le borax ; aussi la substance ne dégage-t-elle que 3 pour 100 d'oxygène à la chaleur rouge ; il en résulte qu'elle doit avoir moins de valeur commerciale, en la supposant même à l'état de pureté, et qu'elle est surtout très-impropre pour la préparation de l'oxygène ; de là le nom d'acerdèse.

Cette substance forme encore des gîtes considérables dans tous les terrains ; elle est même plus abondante que la pyrolusite, avec laquelle d'ailleurs elle est souvent mélangée. Les dépôts de Laveline dans les Vosges, de la Voulte dans l'Ardèche, de Saint-Jean-de-Gardonnenque dans les Cévennes, de l'abbaye de Sept-Fonds dans l'Allier, etc , en sont presque entièrement composés.

Observations. — Nous ne parlerons pas de la *braunite*, oxyde anhydre analogue à l'oligiste, parce qu'elle est peu abondante ; ni de l'*hausmanite*, qui n'est que l'oxyde rouge qu'on obtient par la calcination, et qui est encore plus rare. La *psilomélane* n'a d'in-

Digitized by Google

térêt que comme combinaison naturelle d'un oxyde de manganèse avec une autre base dont on ne connaît pas encore bien la nature; elle accompagne surtout la pyrolusite de Romanèche, mais se trouve aussi avec celle de Périgueux, et dans plusieurs autres localités. Ce qu'on a nommé l'*oxyde rouge de zinc* est une autre combinaison d'oxyde de manganèse avec les oxydes de fer et de zinc, dont on ne connaît pas bien la nature.

4° Groupe des Chromides.

Corps donnant par la fusion avec la soude une matière d'un beau vert-pré au feu de réduction, et une matière jaune au feu d'oxydation.

§ 142. — L'oxyde de chrome pur, qui est de couleur verte, est peu commun et peu important dans la nature. Sa combinaison avec l'oxyde de fer, ou *sidérochrome*, qui est plus abondante, est mal connue, tant sous le rapport des proportions que relativement à l'espèce même d'oxyde de fer qui s'y trouve. C'est une matière noire, métalloïde, cristallisant en octaèdre, infusible au chalumeau et y devenant attirable à l'aimant. Elle forme des nids ou des amas plus ou moins volumineux au milieu des serpentines, dans le département du Var, et en Amérique près de Baltimore, etc. On la connaît aussi hors de place sous la forme de sable noir, à l'île aux Vaches à Saint-Domingue, et on l'a confondue alors avec les titanates de fer.

On exploite ce chromite de fer pour fabriquer le chromate de potasse, qui sert à préparer le chromate de plomb, ou *jaune de chrome*, dont on fait usage en peinture et même dans la teinture, où il donne un jaune solide. On en fabrique aussi l'oxyde vert de chrome, dont on se sert sur émail et sur porcelaine.

Le *chromate de plomb* ou *crocoïse*, semblable à celui qu'on prépare artificiellement, se trouve dans la nature en cristaux prismatiques allongés, obliques, d'une couleur rouge-orangé assez intense. On ne le rencontre qu'en petites quantités, en veines, dans des roches quarzeuses micacées aurifères, à Bérésof en Sibérie, où il est quelquefois accompagné par le double chromate de plomb et de cuivre auquel on a donné le nom de *vauquelinite*.

§ 143. — Le vanadate de plomb, qu'on trouve à Zimapan, au Mexique, a été confondu avec le chromate, jusqu'au moment où l'on a découvert le *vanadium* dans les scories des mines de fer de Jaberg, en Suède. C'est une substance rare, en petites masses cristallines blanchâtres, formée de chlorure de plomb et de sous-vanadate, qui y entre à peu près pour les trois quarts du poids.

Digitized by Google

On a annoncé du vanadate de plomb à Pontgibault en Auvergne, et du vanadate de fer, assez analogue au chromite, dans la province de.... en Suède. Le vanadium est indiqué dans les scories des usines du Mansfeld.

CLASSES DES TANTALIDES, TUNGSTIDES, MOLYBDIDES. URANIDES.

§ 144. — Il y a peu de corps importants dans ce groupe pour quiconque ne doit pas s'occuper spécialement de l'étude des minéraux; il suffit de quelques mots sur plusieurs d'entre eux.

L'urane se trouve dans la nature à deux degrés d'oxydation : le plus bas, qui provient principalement de quelques dépôts argentifères voisins, dans la Saxe et la Bohème, est une matière noirâtre, d'un éclat gras, fort pesante, infusible au chalumeau, soluble dans l'acide nitrique, et précipitant en rouge-sanguin par la cyanure ferroso-potassique. C'est cette espèce qui fournit à toutes les préparations d'urane de nos laboratoires.

Les MOLYBDIDES ne nous offrent naturellement que l'*acide molybdique*, en enduit pulvérulent, peu abondant, sur le sulfure de molybdène, dont nous parlerons plus tard, et le molybdate de plomb $Pb\,Mo^{3}$, qu'on a nommé fréquemment *plomb jaune*, à cause de sa couleur. Celui-ci provient particulièrement de Bleyberg, en Carinthie, où il se trouve dans un gîte de minerai de plomb; il se présente en cristaux qui appartiennent au système prismatique carré, et le plus souvent en prismes très-courts ou en lamelles oblitérées qui en dérivent. Nous avons caractérisé les molybdates § 99, 7°.

Les TUNGSTIDES nous présentent trois combinaisons d'acide tungstique, toutes trois très-pesantes : la Scheelite $Ca\,T^{3}$, la Scheelitine $Pb\,T^{3}$, qui sont isomorphes, toutes deux blanches et en octaèdres à bases carrées; et le Wolfram ou scheelin ferruginé, combinaison double à bases d'oxyde de fer et de manganèse, qui offre une substance noire, vitro-métalloïde, en prismes rhomboïdaux obliques clivables sur les diagonales. Cette dernière substance est assez commune et se trouve abondamment en France dans les granites de Chanteloube et de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne), où d'ailleurs on trouve aussi la scheelite. Ces trois matières accompagnent souvent aussi les dépôts de minerai d'étain, et en ont été fréquemment regardées comme les indices. C'est du

Digitized by Google

wolfram qu'on extrait l'acide tungstique, que nous avons caractérisé § 99, 7°, et qui n'est d'usage que dans les laboratoires.

Les TANTALIDES nous offrent quelques tantalates très-rares, à base de fer et de manganèse, qui diffèrent les uns des autres par la composition et par la forme, ainsi qu'un tantalate d'yttria; ils se trouvent tous disséminés dans les terrains de cristallisation en Bavière et en Suède.

CLASSES DES TITANIDES ET STANNIDES.

§ 145. Les oxydes de titane et d'étain sont des matières complétement isomorphes et dont l'analogie se soutient jusque dans les moindres détails. Ils jouent le plus souvent le rôle de corps électro-négatif, mais le premier est le seul que la nature présente en combinaisons avec un petit nombre d'autres matières. Il n'y a que quelques indices de stannates en mélange dans divers corps.

Les TITANIDES nous offrent d'abord le Rutile ou *acide titanique,* mélangé de titanate de manganèse. C'est une substance ordinairement d'un rouge brun, qui cristallise dans le système prismatique à bases carrées, dont les cristaux, rarement nets, offrent souvent des groupements plus ou moins analogues à ceux de l'oxyde d'étain, quelquefois comme ceux que nous avons indiqués fig. 269. Elle se trouve abondamment disséminée dans les terrains granitiques, comme à Saint-Yriex (Haute-Vienne), et à Gourdon (Saône-et-Loire), dans les Alpes, et dans un grand nombre de lieux. Nous avons aussi une substance bleue, beaucoup plus rare, en petits octaèdres à bases carrées, qu'on nomme Anatase, et qu'on est porté à considérer comme du *protoxyde de titane.* Il y a beaucoup de *titanates de fer* qui paraissent être de diverses espèces, dont les uns constituent des sables noirs, formés de petits octaèdres, qu'on rencontre principalement dans les ruisseaux des terrains basaltiques et trachytiques, et dont les autres se trouvent en petits nids disséminés dans les roches. Une de ces espèces, connue sous le nom de Chrichonite, cristallise en rhomboèdres aigus profondément tronqués ou en lames minces qui rappellent l'oligiste disséminé dans les terrains de cristallisation et avec lequel elle se trouve à Saint-Christophe en Oisan. Le *silicio-titanate de chaux* ou *Sphène,* qui cristallise en prismes obliques rhomboïdaux extrêmement variés dans leurs modifications, se trouve abondamment disséminé dans certains dépôts granitiques des Alpes, principale-

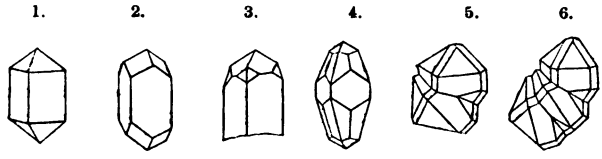
Digitized by Google

ment autour du Saint-Gothard; dans diverses roches amphiboliques qui font partie des terrains de granite, comme en Auvergne, en Bretagne, etc.

Oxyde d'étain. — *Cassitérite, mine d'étain.*

§ 146. **Caractères.** — L'oxyde d'étain naturel est une matière ordinairement brune, quelquefois blanche, cristallisant dans le système prismatique à base carrée comme le rutile, dont il est isomorphe; il est infusible au chalumeau, se réduit difficilement, à moins qu'on n'ajoute de la soude. Il est attaqué, quoique difficilement, par l'acide hydrochlorique, et la solution donne un précipité pourpre par le chlorure d'or. A l'état de pureté, il renferme 79 pour 100 d'étain métallique.

Les cristaux sont le plus souvent des prismes à bases carrées, terminés par des sommets à quatre faces, et modifiés de diverses manières, fig. 1 à 3; quelquefois ils offrent des pyramides à huit faces à chaque sommet, tantôt simples, tantôt modifiées sur les angles ou les arêtes, fig. 4. Très-fréquemment les cristaux sont groupés deux à deux, et même en plus grand nombre, fig. 5 et 6.



L'oxyde d'étain se trouve aussi en stalactites et en stalagmites, à structure fibreuse, qui, le plus souvent, sont en fragments roulés, où les diverses couches d'accroissement se distinguent par des teintes différentes et imitent assez bien les couches de certains bois; de là le nom d'*étain de bois*.

Gisement. — L'oxyde d'étain appartient aux terrains de cristallisation, où il est assez souvent disséminé; mais où il forme aussi des masses puissantes, et rarement des filons. Il existe même dans la partie inférieure des terrains de sédiment, mais toujours dans le voisinage des roches cristallines qui s'y rattachent. Dans diverses localités il se trouve aussi en cailloux roulés dans certains dépôts d'alluvion; c'est ainsi que le présentent tous les dépôts exploités au Mexique, et qu'on le connaît en Cornouaille, ainsi que sur la côte de Piriac en Bretagne.

Digitized by Google

Usages. — L'oxyde d'étain est partout le minerai dont on retire l'étain. Il est assez abondamment répandu dans la nature, mais la France n'en possède que des indices sur la côte de Piriac en Bretagne, et à Vaulry près de Limoges. L'Angleterre, et principalement le Cornouaille, est, sous ce rapport, le pays le plus riche de l'Europe; elle livre annuellement au commerce plus de cinq millions de kilogrammes d'étain; la Saxe et la Bohême n'en produisent pas plus de six cent mille kilogrammes. Il en vient beaucoup de l'Asie méridionale, de la Chine, du pays de Malacca, de Sumatra, de Banca, etc., où le minerai paraît être extrêmement abondant. L'étain de Malacca est le plus pur.

CLASSE DES ANTIMONIDES, ARSÉNIDES, PHOSPHORIDES.

§ 147. **Caractères généraux.** — L'étain, dont nous venons de voir les minerais, établit une liaison entre le groupe actuel et le précédent: d'un côté par les combinaisons oxygénées, qui font dans l'une et l'autre division les fonctions d'acide; de l'autre par les chlorures, qui sont dans le même cas. Les chlorures d'étain, d'antimoine et de bismuth ont aussi de grandes analogies, quoique le premier cependant ne paraisse pas être isomorphe des deux autres.

L'antimoine et l'arsenic jouent exactement le même rôle dans les combinaisons où ils se trouvent à l'état métallique. Les antimoniures et les arséniures de même formule sont isomorphes, ce que la nature nous présente surtout dans l'*antimonickel*, la *disomose*, la *cobaltine*, et ce qu'on observe encore mieux dans les produits artificiels; c'est aussi par ces derniers qu'on peut comparer les phosphures avec les arséniures et les antimoniures, dont ils sont également isomorphes. Les arséniates et les phosphates, tant naturels qu'artificiels, ont de telles analogies qu'on ne peut les distinguer au premier moment, et le peu d'antimoniates que nous connaissons dans les laboratoires nous présentent les mêmes résultats.

Bismuth. — Nous réunissons ici le bismuth par suite de l'analogie que ses composés artificiels présentent avec les corps de même formule dans lesquels l'antimoine entre comme partie constituante; mais dans la nature on ne connaît cette matière qu'à l'état libre, ou combinée sous le rôle de corps électro-positif dans les sulfures et les telluriures.

A l'état libre le bismuth est un métal d'un blanc rougeâtre, très-fusible, disséminé en petits nids dendritiques dans les dépôts

Digitized by Google

d'arséniures de cobalt, qui font partie des gîtes argentifères. Il est peu commun dans la nature, et surtout peu employé dans les arts. On s'en sert principalement pour former l'alliage de Darcet, qui fond au-dessous de la température de l'eau bouillante, et dont on fait les plaques de sûreté dans les chaudières à vapeur.

Iridosmine. — Nous réunissons aussi l'*osmiure d'iridium*, ou *iridosmine*, substance rare, disséminée dans le minerai de platine sous la forme de petites lames brillantes, quelquefois hexagonales. C'est en effet avec l'arsenic que l'osmium paraît avoir le plus de rapports.

Les matières de cette classe nous offrent surtout trois groupes, dans lesquels nous distinguerons quelques substances qui sont particulièrement utiles aux arts, ou remarquables comme objets d'histoire naturelle.

1° Groupe des Antimonides.

Corps offrant immédiatement, ou donnant par calcination, une matière blanche, volatile par la chaleur, § 99, 1° et § 100, 2°, attaquable par l'acide hydrochlorique, dont elle précipite en blanc par l'eau et en jaune par les hydrosulfates.

§ 148. Antimoine. — Ce métal se trouve à l'état libre dans la nature. Lorsqu'il est pur, il approche du blanc d'argent; mais lorsqu'il s'y trouve une petite quantité d'arsenic, il prend une teinte bleuâtre, et surtout noircit à l'air. Il n'est connu qu'en petites masses lamellaires qui se trouvent dans les minerais arsénifères.

L'antimoine du commerce est extrait du sulfure d'antimoine. Son emploi le plus remarquable est pour la composition des caractères d'imprimerie, formés de 4 d'antimoine et 4 de plomb. On l'allie avec l'étain pour les couverts de composition; 18 d'antimoine et 100 d'étain forment ce qu'on a appelé *métal du prince Robert*, qui est dur, blanc d'argent, et reçoit un beau poli. L'alliage d'antimoine et de cuivre, celui d'antimoine et de fer, l'un par son éclat et sa couleur violette, l'autre par sa dureté, auront peut-être un jour quelque application. L'antimoine entre dans la composition de l'émétique, dans la poudre d'Algaroth, le kermès minéral, et diverses préparations pharmaceutiques.

Il existe peu d'antimoniures naturels. Celui d'argent (*discrase*) cristallise en prismes rectangulaires, et se trouve en petite quantité dans les mines d'argent arsénifères. On connaît un oxyde naturel de ce métal en aiguilles nacrées, de même nature que ce

Digitized by Google

qu'on nomme les fleurs argentines d'antimoine dans les fabriques de produits chimiques, qui correspond à l'oxyde arsénieux. Il y a même des traces d'un oxyde plus élevé, hydraté, en enduit terreux sur le sulfure d'antimoine. Enfin on trouve le *kermès*, combinaison du premier avec le sulfure; c'est une substance d'un rouge brun, translucide, en aiguilles cristallines qui paraissent être des prismes rhomboïdaux, et qui semble souvent due à la décomposition des sulfures dont nous parlerons plus tard.

2° Groupe des Arsénides.

Matières dégageant des vapeurs arsénicales, qu'on reconnaît à l'odeur d'ail, soit par simple grillage, soit par calcination avec de la poussière de charbon.

Arsenic.

§ 149. — Substance d'un éclat métallique dans la cassure fraîche, et noircissant promptement à l'air; volatile à l'état métallique dans le tube fermé, et donnant de l'acide arsénieux en petits cristaux lorsqu'on la grille dans le tube ouvert.

L'arsenic se trouve en petites masses bacillaires et fibreuses, ou mamelonnées à la surface, et composées de couches concentriques quelquefois granulaires. C'est une substance assez commune, quoique peu abondante, qui se trouve dans les gîtes métallifères, principalement dans ceux de sulfure d'argent et d'oxyde d'étain.

ARSÉNIURES.

§ 150. Smaltine. — Les arséniures les plus importants sont ceux de cobalt, dont il y a au moins deux espèces. Le biarséniure porte particulièrement le nom de *smaltine* ou *cobalt arsenical*. C'est une substance métallique gris d'acier dans la cassure fraîche, et qui se ternit à l'air; elle cristallise en cubes diversement modifiés, ou se trouve en petites masses dendritiques qui forment ce qu'on nomme le *cobalt tricoté*. Ailleurs elle est mamelonnée ou globulaire, à structure fibreuse, ou enfin en masses compactes. Celles-ci, qui en général noircissent à l'air, paraissent être souvent des arséniures de la formule $Co^2 Ar^3$.

Le biarséniure, au plus grand état de pureté, renfermerait 28 de cobalt et 72 d'arsenic, mais il est souvent mélangé d'arséniures de différents ordres, dont les uns augmentent et les autres diminuent les quantités de cobalt; d'où résultent des minerais très-

Digitized by Google

variables, qui sont même salis très-souvent par des arséniures de nickel, de fer, etc.

Ces arséniures ne forment pas de gîtes à eux seuls; ils font partie des dépôts de sulfure d'argent et de chalkopyrite, principalement dans les terrains de cristallisation, comme en Saxe, en Bohême, etc., et rarement dans les terrains de sédiment entremêlés avec les premiers, comme à Sainte-Marie-aux-Mines dans les Vosges, dans la Hesse, le Hanau et la Thuringe. Dans les lieux où ils sont suffisamment abondants, ils sont exploités avec soin pour en tirer de l'oxyde de cobalt plus ou moins pur, et, le plus souvent, pour en fabriquer des verres bleus, qu'on nomme *smalt,* et qu'on emploie comme couleurs. Les produits les plus beaux, réduits en poudre fine, se débitent sous le nom d'*outremer*, qu'il ne faut pas confondre avec l'outremer véritable, que nous verrons plus tard; les autres se vendent sous le nom d'*azur*. On débite aussi sous le nom de *safre* le résidu du grillage des minerais de cobalt, mélangé de plus ou moins de sable siliceux, qui, par la fusion ultérieure, produisent des verres bleus. Tous les bleus sur porcelaine, sur émail, sur les poteries même les plus communes, et tous les verres bleus, sont formés avec des préparations de cobalt. Le *bleu Thénard* est un aluminate de cobalt qu'on obtient en mêlant des dissolut ons d'alun et de cobalt, précipitant par le carbonate de soude et calcinant : c'est ce bleu qu'on obtient dans l'essai des substances alumineuses, § 102, 2°. Le *vert de Rinmann* est un zincate de cobalt, qu'on obtient d'une manière analogue.

On évalue à environ un million de kilogrammes la quantité de cobalt extrait du sein de la terre, et qui, converti en smalt, en oxyde, en préparations diverses, offre un produit d'environ 3 millions de francs. La Saxe et la Suède en fournissent la plus grande partie; mais dans la dernière de ces contrées la matière qu'on travaille est le sulfarséniure, dont nous parlerons tout à l'heure.

§ 151. Nickéline. — Il se trouve dans la nature des arséniures de nickel qui correspondent aux arséniures de cobalt, dont sans doute ils sont isomorphes. Le plus commun est un simple arséniure Ni Ar, qu'on nomme *nickel arsenical* ou *nickéline*. C'est une matière douée de l'éclat métallique, rougeâtre, se ternissant lentement à l'air. On ne la connaît pas cristallisée. Elle est attaquable par l'acide azotique, auquel elle communique une belle couleur verte; la solution devient bleue par l'addition de l'ammoniaque, et précipite en vert par la potasse.

On connaît aussi un biarséniure $Ni\,Ar^2$ qui présente le même

Digitized by Google

caractère chimique, mais qui est gris d'acier, inaltérable à l'air, et qui cristallise en cube, par conséquent comme la smaltine, à la formule de laquelle il correspond. Les analyses, souvent fort compliquées par des mélanges divers, semblent indiquer aussi l'existence d'un composé $Ni^3 Ar^3$.

Ces substances accompagnent presque partout les arséniures de cobalt, et s'exploitent en même temps qu'eux. On en prépare par la fusion une matière métallique rougeâtre, nommée *speiss*, qui renferme beaucoup de nickel, de l'arsenic, du soufre, des traces de cobalt et de cuivre. Cette matière est livrée au commerce, et sert à la préparation de l'alliage nommé *packfung*, employé depuis long-temps en Chine, qui se compose de cuivre, de zinc et de nickel, et imite parfaitement l'argent. C'est cet alliage qu'on vend aujourd'hui sous le nom de *maillechort*, et qui peut servir dans une multitude de circonstances où l'on emploie l'argent, avec une dépense infiniment plus grande. S'il se ternit un peu à l'air, il se nettoie avec la plus grande facilité et reprend tout son brillant.

SULFO-ARSÉNIURES.

§ 152. Cobaltine. — On connaît dans la nature plusieurs combinaisons d'arséniures et de sulfures des mêmes bases. La plus intéressante est le sulfo-arséniure de cobalt, qu'on nomme aussi *cobalt gris*, *cobalt éclatant* et *cobaltine*. C'est une matière d'un éclat métallique assez vif, blanc d'argent ou blanc-rougeâtre, qui cristallise dans le système cubique, et se clive en cube. C'est à cet état cristallin qu'on la rencontre le plus souvent, et les cristaux offrent les défauts apparents de symétrie dont nous avons parlé, § 44, 3°; c'est-à-dire qu'ils sont en cubes passant au dodécaèdre pentagonal, en dodécaèdres même, en icosaèdres, où les faces de l'octaèdre sont plus ou moins développées. Elle possède à peu près les caractères chimiques de la smaltine, si ce n'est qu'on reconnaît l'indice du soufre par le grillage en même temps que celui de l'arsenic.

La cobaltine, renfermant 35 pour 100 de métal, se trouve particulièrement en Suède et en Norwége, en amas plus ou moins considérables, dans les terrains cristallins, avec la chalkopyrite. Elle est exploitée avec soin, et d'autant plus qu'elle est à la fois et plus pure et plus riche en cobalt que la smaltine; elle est employée aux mêmes préparations.

§ 153. Disomose. — C'est une substance de même formule que la cobaltine, mais qui est à base de nickel. Elle présente des indices

Digitized by Google

de cristallisation et de clivage qui rappellent la cobaltine et font voir qu'elle doit en être isomorphe. Elle est gris d'acier ; elle n'est encore connue qu'en Suède, où elle accompagne la cobaltine. On l'a nommée aussi *nickel gris*.

§ 154. Mispikel. — Ce sulfarséniure de fer, composé comme les précédents, ne cristallise plus dans le système cubique ; il se trouve, peut-être comme effet de dimorphisme, en prismes rhomboïdaux droits, tantôt isolés, tantôt groupés en petites masses bacillaires ; on le trouve aussi à l'état compacte ou granulaire. Il a l'éclat métallique et la couleur blanc d'argent ou jaunâtre. Attaquable par l'acide nitrique, sa solution précipite abondamment en bleu par le cyanure ferroso-potassique.

Ce minéral se trouve souvent disséminé dans certains dépôts des formations cristallines, ou bien dans des amas métallifères de diverse nature, particulièrement dans ceux d'oxyde d'étain ; mais il forme aussi des gîtes en quelque sorte à lui seul, soit en amas, soit en filons. Il est exploité dans quelques endroits pour en tirer l'arsenic, avec lequel on prépare le *réalgar* et l'*orpiment*, qui servent en peinture ; ou l'acide arsénieux, qui sert à fabriquer le vert de Scheele (arséniate de cuivre) qu'on emploie en peinture et qu'on applique aussi sur les papiers peints : c'est une couleur très-solide.

ARSÉNIATES ET ARSÉNITES.

§ 155. Il n'y a pas un corps important à connaître dans les minéraux de cette série ; cependant quelques-uns peuvent fixer l'attention par leurs formes ou leurs couleurs.

L'*arséniate de plomb* ou Mimétèse, est une substance ordinairement jaunâtre, cristallisée en prismes hexagones réguliers très-nets, qui nous offrent un arséniate combiné avec un chlorure.

Les *arséniates de cuivre* sont remarquables par leurs couleurs vert-pré, vert-sombre, vert-bleuâtre, ou par les dispositions des variétés fibreuses.

L'*arséniate de cobalt*, ou Éritrine, est d'une belle couleur violette lorsqu'il est en cristaux, et rose dans les variétés pulvérulentes. L'arsénite de la même base, toujours pulvérulent, offre aussi une teinte rose, mais qui tire sur le lilas.

Parmi les *arséniates de fer*, il en est un qui se forme journellement dans les mines, c'est la Sidérétine, à base de peroxyde, de couleur brune, très-fragile, ordinairement très-brillant dans la cassure, et qui rappelle la colophane. Il renferme souvent à la fois

Digitized by Google

de l'acide arsénique et de l'acide sulfurique, ce qui montre qu'il est dû à la décomposition des sulfo-arséniures.

Les arséniates de chaux présentent de très-petits cristaux ou des houppes blanches cristallines, le plus souvent accompagnés et même colorés par l'arséniate rose de cobalt.

En général, les arséniates sont, la plupart, des produits modernes qui se forment journellement dans les dépôts d'arséniures.

PHOSPHORIDES.

Corps non métalliques donnant par la fusion avec le carbonate de soude un sel soluble, dont la solution précipite en blanc par le nitrate de plomb et en jaune par le nitrate d'argent.

PHOSPHATES.

§ 156. Le groupe des phosphorides ne renferme encore que des phosphates dont quelques-uns correspondent aux arséniates, mais qui sont encore plus variés. Il ne présente rien d'important sous le rapport des arts; mais quelques espèces méritent l'attention sous d'autres points de vue.

Le *phosphate de plomb,* ou Pyromorphite, de même formule que la mimétèse, en est complétement isomorphe; il présente une combinaison de phosphate avec un chlorure ou un fluorure, et se trouve quelquefois en prismes hexagones réguliers diversement modifiés; il se présente le plus fréquemment en cristaux aciculaires dont la réunion forme des masses fibreuses, ou bien en stalactites et sous forme mamelonnée. Cette substance, remarquable par la variété et le ton de ses couleurs accidentelles, se trouve dans les gîtes métallifères, et principalement avec le sulfure de plomb: nous avons en France quelques localités remarquables sous ce rapport, le Huelgoat en Bretagne, Lacroix-aux-Mines dans les Vosges, et Pontgibaud dans le Puy-de-Dôme.

Le *phosphate de chaux*, ou Apatite, est un composé de même forme et isomorphe. Il est en cristaux vitreux, blancs, transparents ou opaques, et quelquefois colorés, qu'on trouve en général disséminés dans le gneiss et le michaschiste. Rarement il se rencontre dans les gîtes métallifères.

Il y en a aussi une variété lithoïde, entremêlée avec des couches ou des filons de quarz, qui constitue des collines entières, qu'on exploite même comme pierres à bâtir à Logrosso, dans l'Estramadure. Il s'en trouve des rognons à structure terreuse dans le ter-

Digitized by Google

rain houiller, dans la craie et dans les argiles inférieures : il paraît que ce n'est pas le même phosphate que dans les cristaux.

Les *phosphates de cuivre* sont aussi variés que les arséniates, auxquels ils ressemblent beaucoup par leurs compositions, leurs formes, leurs couleurs, et qui la plupart se trouvent aussi dans les gîtes métallifères.

Les *phosphates de fer*, assez mal connus, sont, les uns cristallisés, les autres en petits noyaux, et le plus grand nombre en petites masses terreuses. La plupart sont des matières bleues, souvent nommées *bleu de Prusse natif;* mais il y a en aussi de vertes. Dans certaines localités, les variétés bleues sont blanches à l'intérieur, comme les phosphates qu'on prépare artificiellement en précipitant un sulfate de fer (soit de protoxyde, soit de peroxyde) par un phosphate alcalin, et elles bleuissent comme eux par l'exposition à l'air.

Ces phosphates se trouvent les uns dans les gîtes métallifères, comme en Cornouaille, d'autres dans les fissures des basaltes ; la plupart des variétés terreuses se rencontrent dans des dépôts argileux de sédiment.

Les *phosphates de manganèse,* ou peut-être de manganèse et de fer, sont aussi de diverses sortes : les uns (la Triplite) bruns, en masse clivables ; les autres rougeâtres et violets. Ils se trouvent dans les terrains de cristallisation, et c'est dans les granites du Limousin qu'on les a particulièrement rencontrés.

On doit distinguer aussi les *phosphates d'urane et de chaux* ou *d'urane et de cuivre :* le premier, remarquable par sa belle couleur jaune, se trouve en petite masse dans les granites de Marmagne près d'Autun, de Saint-Yriex près de Limoges ; le second, de couleur verte, s'est trouvé principalement dans les gîtes stannifères de Cornouaille et de Bohême. Ces deux substances sont isomorphes et souvent en petits prismes carrés, groupés les uns sur les autres.

C'est aux *phosphates d'alumine* que se rapporte la *turquoise*, matière d'un bleu-verdâtre particulier assez recherchée dans la joaillerie ; mais il faut en distinguer deux espèces : l'une, qu'on nomme *turquoise de vieille roche*, se trouve dans des fissures, ou sous forme de petits rognons, dans des matières argileuses à Nichabour en Perse ; c'est une matière purement minérale. L'autre, *turquoise de nouvelle roche,* n'est autre chose que des dents ou des os de mammifères enfouis dans le sein de la terre, et qui se trouvent accidentellement colorés en bleu-verdâtre ; elle est beaucoup moins dure, et beaucoup moins estimée. On imite parfaitement la turquoise par des émaux.

Digitized by Google

CLASSE DES TELLURIDES, SÉLÉNIDES, SULFURIDES.

§ 157. **Caractères généraux.** — Le tellure, le sélénium, le soufre, sont des corps qui jouent le plus souvent le rôle électro-négatif, et qui dans tous les cas sont isomorphes. C'est ce qu'on observe surtout dans les laboratoires, car il y a peu de composés naturels exactement comparables. Ainsi les telluriures, les séléniures, les sulfures, composés suivant la même formule, sont identiques par les formes, et tellement analogues par les autres caractères physiques qu'on ne peut les distinguer à la vue. Les séléniates sont isomorphes des sulfates, et le peu de telluriates que nous connaissons nous présentent encore la même similitude.

Dans la nature, les telluriures, les séléniures et les sulfures de plomb et d'argent ne se distinguent pas à la vue. Ces substances ne sont pas toutes cristallisées; mais celles qui sont à base de plomb offrent toutes des clivages rectangulaires également nets, et, selon toute probabilité, cubiques, comme le sulfure de plomb. L'*eucharite* présente de même les plus grandes analogies avec la stromeyérine, composée suivant la même formule.

Toutes ces circonstances suffisent certainement pour rapprocher ces différents corps. Leur ensemble forme d'ailleurs un intermédiaire entre les arsénides et les chlorides; car, d'un côté, le tellure, le sélénium, le soufre se volatilisent comme l'arsenic à l'état simple, et forment aussi des oxydes volatils; d'un autre côté, si le tellure forme, comme l'arsenic et le phosphore, des composés gazeux avec l'hydrogène, le sélénium et le soufre sont susceptibles de former des hydracides, comme l'iode, le chlore, etc.

1° Groupe des Sulfurides.

Corps solides pour la plupart, quelques-uns liquides ou gazeux; dégageant des vapeurs d'acide sulfureux, soit immédiatement, soit par combustion, soit par l'action de la poussière de charbon à l'aide de la chaleur; ou bien donnant de l'hydrogène sulfuré lorsqu'après les avoir traités par le carbonate de potasse, seul ou mêlé de charbon, on projette le résidu dans de l'eau acidulée.

Soufre.

§ 158. **Caractères.** — Substance naturellement jaune, quelquefois verdâtre, brunâtre, rougeâtre, par suite de mélange; appartenant au système cristallin prismatique rectangulaire droit; facilement fusible, même volatile; très-combustible, et se transformant

Digitized by Google

en gaz acide sulfureux sans laisser de résidu lorsqu'elle est pure.

Elle se trouve assez fréquemment en cristaux, qui sont des octaèdres à bases rhombes assez aigus, diversement modifiés : quelquefois en cristaux aciculaires ou en stalactites ; souvent en masse compacte translucide ou opaque, et parfois à l'état terreux, pulvérulent ou agrégé, présentant alors une teinte pâle.

Gisement. — Le soufre se trouve dans tous les terrains. Il existe en Hongrie, au Brésil, au Pérou, dans des couches de quarz subordonnées aux roches micacées et feldspathiques qui font partie des terrains de cristallisation. On le connaît aussi dans quelques gîtes métallifères qui traversent les roches analogues ; mais il est bien plus abondant dans les dépôts de sédiment, où il se trouve à tous les étages, et où presque toujours il est accompagné de sulfate de chaux, d'argiles diverses, et souvent de sel commun : on en a trouvé jusque dans la pierre à plâtre des environs de Paris. C'est dans les parties de ces terrains qui avoisinent les volcans en activité qu'il est le plus abondant : ainsi en Sicile, outre les veines et les nids disséminés en grand nombre dans tout le terrain de sédiment, le soufre forme des couches régulières plus ou moins épaisses, mêlées d'argile, de sulfate et de carbonate de chaux, qui atteignent jusqu'à dix mètres d'épaisseur. En Islande, il forme aussi des dépôts très-étendus du même genre, où il est en grains peu adhérents entre eux, qu'on peut exploiter à la pelle comme du sable. La quantité en est si grande, dit-on, que cette île en pourrait fournir à elle seule le monde entier, quoique, à cause de la chaleur qui se dégage, on soit obligé de s'arrêter à un mètre ou deux de profondeur.

Tous les volcans en activité produisent du soufre ; il s'en dégage en abondance des fissures qui se trouvent dans leurs cratères, et toutes les matières environnantes s'en recouvrent journellement. Les solfatares, sortes d'anciens cratères possédant encore quelque activité, en fournissent aussi en grande quantité, qui se dégage des fissures du terrain en même temps que l'acide sulfureux, l'acide hydrochlorique et la vapeur d'eau.

Les eaux chargées d'hydrogène sulfuré qui sourdent en divers lieux de l'intérieur de la terre, laissent journellement des dépôts de soufre terreux ou pulvérulent sur leur passage : c'est sans doute à des circonstances semblables que sont dus les dépôts de soufre au fond de certains lacs observés en Sibérie. Il se forme journellement du soufre par la décomposition des sulfates dans les lieux où ces sortes de sels se trouvent avec des matières organiques en décomposition.

Digitized by Google

Les échantillons de soufre cristallisé qui se trouvent dans les collections proviennent tous des terrains de sédiment, soit de Girgenti en Sicile, où ils sont quelquefois d'un grand volume ; soit de Césenne, à six lieues de Ravenne, sur l'Adriatique ; ou de Conilla, à huit lieues de Cadix, en Espagne, deux localités où ils sont d'une grande netteté et d'une belle transparence. Il y en a aussi d'assez beaux de Saint-Boës, près de Dax, dans les Landes.

Usages. — Le soufre est employé à un grand nombre d'usages, particulièrement pour la fabrication de la poudre à canon et pour la préparation de l'acide sulfurique, qui en consomment des quantités prodigieuses. On en prépare quelquefois, par la combustion libre, l'acide sulfureux qui sert au blanchiment des tissus ; on sait qu'il sert à la fabrication des allumettes. Il est aussi employé en médecine sous différentes formes. Il peut être très-utile dans les feux de cheminée ; car il suffit de jeter une poignée de soufre en poudre dans le foyer pour qu'il se développe une grande quantité d'acide sulfureux, qui a la propriété d'éteindre les corps enflammés et peut arrêter à l'instant l'incendie. C'est de Sicile que provient la plus grande partie du soufre qu'on emploie en France et dans le midi de l'Europe ; aussi l'extraction en est-elle considérable. On le débarrasse sur les lieux mêmes, par une première fusion, des matières étrangères dont il est mêlé, et il est expédié en cet état ; on le purifie de nouveau pour les divers usages.

SULFURES.

§ 159. **Caractères généraux.** — Le plus grand nombre des sulfures sont des corps solides doués de l'éclat métallique ; la plupart donnent immédiatement l'odeur sulfureuse par le grillage, et laissent un résidu qui décèle les substances avec lesquelles le soufre est combiné. Dans quelques-uns, les bases elles-mêmes, ou leurs oxydes, sont volatils et se dégagent aussi par l'action de la chaleur, § 99, 1° et 2°.

Tous, par la fusion avec la soude, donnent une matière qui laisse dégager de l'hydrogène sulfuré par l'action de l'eau acidulée. Ils sont aussi attaquables par l'acide azotique, avec dégagement de gaz nitreux ; la solution précipite par l'azotate de baryte, qui indique l'acide sulfurique formé, et ensuite par divers réactifs qui dénotent la nature des bases.

Il y a des sulfures de divers ordres de composition : les uns simples, les autres doubles ou même triples, quelquefois plus compli-

Digitized by Google

qués encore par suite des substitutions isomorphes. Les sulfures simples sont composés :

La plupart de	1	atome de base	1	atome de soufre.
Quelques-uns de	1	atome de base	2	atomes de soufre.
Rarement de	2	atomes de base	1	atome de soufre.
Ailleurs de	2	atomes de base	3	atomes de soufre.

Les composés doubles ou triples sont extrêmement variés.

Analogies des espèces. — Tous ces composés, simples, doubles ou triples, ont entre eux les plus grandes analogies physiques. La plupart sont doués de l'éclat métallique ; un grand nombre cristallisent dans le système cubique, et surtout les sulfures *argyrose, galène, blende*, qui sont de même formule de composition. La pyrite commune, qui est un bisulfure, est dans le même cas. Quelques-uns appartiennent au système rhomboédrique, comme les monosulfures *chalkosine* et *cinabre*, le bisulfure *molybdénite*, les sulfures doubles *argyrithrose* et *proustite* Les autres appartiennent aux systèmes prismatiques droits ou obliques, ou n'ont encore manifesté aucune trace de cristallisation.

Gisement ; importance — La plupart des sulfures forment des filons, ou des amas, dans les terrains de cristallisation ; quelquefois aussi dans les terrains de sédiment, et surtout dans les points où ils avoisinent les premiers. Il en est un grand nombre qui sont très-importants, parce qu'ils offrent les minerais dont on extrait les métaux les plus utiles, argent, plomb, cuivre, zinc, mercure, antimoine, etc. Ce sont ceux qui nous occuperont spécialement.

Hydrogène sulfuré.

§ 160. **Caractères.** — Corps gazeux, incolore, d'une odeur d'œuf pourri ; soluble dans l'eau, à laquelle il communique la même odeur. Combustible au contact d'un corps enflammé, et se convertissant alors en eau et en acide sulfureux.

Manière d'être. — Cette matière se dégage fréquemment, à l'état gazeux, dans les phénomènes volcaniques, et par les crevasses qui se manifestent dans le sol pendant les tremblements de terre. Mais c'est principalement à l'état de solution dans l'eau qu'elle se trouve en un grand nombre de lieux, où elle constitue ce qu'on nomme les *eaux minérales hépatiques* ou *sulfureuses*. Telle est la nature des eaux de Baréges, de Bagnères, etc., dans les Pyrénées, de Bourbon-l'Archambault dans l'Allier, de Greoulx (Basses-Alpes), d'Enghien près de Paris ; ou des boues de Saint-

Digitized by Google

Amand près de Valenciennes, etc. Ces eaux sont administrées avec avantage dans certaines maladies, et principalement à l'extérieur. On les rend plus faibles pour les employer à l'intérieur.

L'hydrogène sulfuré est quelquefois renfermé dans les pores de certaines matières où il est en quelque sorte condensé. Les masses de soufre, par exemple, en dégagent une grande quantité au moment où on les tire du sein de la terre, et les dépôts terreux au milieu desquels elles se trouvent sont dans le même cas.

Argyrose. — *Argent sulfuré, mine d'argent.*

§ 161. **Caractères.** — Substance métalloïde, gris d'acier et gris de plomb, peu éclatante, cristallisant dans le système cubique, mais non clivable; légèrement ductile, et se coupant avec un instrument tranchant.

Fusible au chalumeau et réductible sur le charbon en un bouton d'argent métallique; soluble dans l'acide azotique, et donnant un précipité d'argent sur une lame de cuivre.

Ce minéral, à l'état de pureté, renferme 87 pour 100 d'argent.

L'argyrose est quelquefois en cristaux cubiques ou octaèdres, groupés fréquemment sous formes de dendrites, ou bien en filaments droits ou contournés, et en petites masses mamelonnées.

Gisement. — Cette substance se trouve en filons, en amas plus ou moins riches (1), où elle est plus ou moins abondante, dans les terrains de cristallisation, ou dans les terrains de sédiment qui les avoisinent; elle est presque toujours accompagnée de sulfure de plomb, qui fréquemment est la partie dominante. Les dépôts les plus célèbres en Europe sont ceux de Hongrie et de Transylvanie; viennent ensuite les mines de Kongsberg en Norwége, de Sala en Suède, des environs de Freyberg en Saxe, du Mansfeld, de la Westphalie. C'est encore l'Amérique équatoriale qui présente à cet égard les richesses les plus considérables: le Mexique et le Pérou offrent ainsi des dépôts d'argyrose prodigieux de puissance, de pureté et d'étendue, et qui pourraient fournir des millions de quintaux d'argent, si les bras, l'eau et le combustible n'y manquaient. Du reste, presque tous les dépôts de galène renferment soit du sulfure d'argent, soit de l'argent disséminé, qu'on retire dans toutes les exploitations par différents procédés.

(1) Les filons, ou les amas métalliques, sont souvent formés en grande partie de matières pierreuses ou terreuses, où le minerai est disséminé en veines, en nids; ce qui rend le dépôt plus ou moins riche.

Digitized by Google

Galène. — *Plomb sulfuré, minerai de plomb.*

§ 162. **Caractères.** — Substance métalloïde, gris de plomb, brillante, cristallisant en cube et clivable parallèlement aux faces de ce solide; non ductile, se raclant au lieu de se couper avec un instrument tranchant.

Facilement réductible en plomb métallique sur le charbon; soluble dans l'acide azotique, et donnant des lamelles métalliques brillantes, gris de plomb, par l'action d'un barreau de zinc; renfermant 87 pour 100 de plomb à l'état de pureté.

La galène se trouve assez fréquemment cristallisée en cubes, en octaèdres, diversement modifiés; elle se présente aussi sous des formes empruntées au carbonate et au phosphate de plomb, qui, par la décomposition, sont passés à l'état de sulfure, § 61; mais c'est en masses lamellaires, à lamelles plus ou moins fines, qu'elle se trouve principalement.

Gisement; usages. — Cette substance appartient à tous les terrains; elle se trouve dans les dépôts de cristallisation comme dans les dépôts de sédiment, et elle s'arrête seulement dans la partie moyenne de la série de ces derniers, dans ce qu'on appelle le lias, § 137, note. Elle forme des filons, des amas et des couches, où elle est presque toujours accompagnée de *blende* ou sulfure de zinc, de différents sels de plomb, de sulfate de baryte, de fluor, etc. Quelquefois elle est disséminée par petits nids nombreux dans des matières arénacées. Ailleurs, elle se trouve entièrement mélangée avec des matières siliceuses, ou autres, en particules si fines qu'il en résulte un tout homogène et compacte.

Les dépôts de galène sont abondamment, mais inégalement répandus à la surface de la terre. La France en renferme peu, et nos exploitations les plus remarquables sont celles de Poullaoen et du Huelgoat en Bretagne; cependant il s'en trouve encore dans les Vosges, l'Isère, la Lozère, le Tarn, le Lot, le Cantal et le Puy-de-Dôme. La production ne suffit pas à nos besoins, et il en entre annuellement pour 3 ou 4 millions de l'étranger. C'est l'Angleterre, surtout le Derbyshire et le Northumberland, qui en fournit le plus: elle produit à elle seule plus de la moitié de ce que donne l'Europe, dont la production annuelle est à peu près de 25 millions de kilogrammes, d'une valeur moyenne de 20 millions de francs.

La galène brute, réduite en poudre, et désignée alors sous le nom d'*alquifoux*, sert à former le vernis des poteries grossières. elle est réduite, dans l'opération, en litharge qui se fond à la sur-

Digitized by Google

face de la poterie en un vernis jaune, qu'on colore aussi en vert, en brun, par des oxydes de cuivre et de manganèse. C'est avec cette même poudre qu'on fait les papiers métallifères dont on couvre les boîtes, les coffrets, etc.

Blende. — *Sulfure de zinc, zinc sulfuré.*

§ 163. **Caractères.**—Substance non métalloïde, jaunâtre ou brune, cristallisant dans le système cubique, mais clivable en tétraèdres, en octaèdres ou en dodécaèdres rhomboïdaux.

Infusible au chalumeau, non réductible; solution azotique assez difficile, donnant, par l'ammoniaque, un précipité blanc qui se redissout par un excès d'alcali.

Contenant, à l'état de pureté, 67 pour 100 de métal; mais fréquemment combinée avec du protosulfure de fer, qui la colore en brun plus ou moins foncé.

Dans les collections, on voit souvent la blende en cristaux tétraèdres et octaèdres diversement modifiés. Les grandes masses qu'elle forme dans le sein de la terre sont, en général, à structure lamellaire.

Gisement, usage actuel. — Cette substance forme rarement des gîtes à elle seule; elle se trouve principalement avec la galène, où elle est quelquefois en quantité considérable. Elle a été rejetée pendant long-temps comme inutile; mais aujourd'hui que le zinc à l'état métallique est employé à une multitude d'usages, on l'exploite à part pour en tirer ce métal, ou son oxyde employé à la fabrication du *laiton*, ou *cuivre jaune*, alliage de zinc et de cuivre, dans la proportion de 35 du premier et 65 du second, qui est éminemment utile dans les arts. Cet alliage se préparait uniquement autrefois avec la calamine, ou silicate de zinc, dont nous parlerons plus tard.

La blende est donc devenue un minéral important, et le deviendra de plus en plus, car l'usage du zinc s'étend journellement. On en prépare peu en France, et il en entre annuellement plus de 4 millions de quintaux, qui proviennent en grande partie de la Belgique. Nous nous sommes seulement affranchis en grande partie de l'importation du laiton, dont la consommation annuelle s'élève à près de 2 millions de kilogrammes.

Il y a beaucoup de choix à faire dans le zinc métallique qu'on emploie, car il y a des différences très-considérables de durée. Celui qui renferme du fer, qui le rend toujours aigre et cassant, doit être en général rejeté, non-seulement par suite de cet incon-

Digitized by Google

vénient, mais encore parce qu'il s'oxyde plus promptement. C'est le zinc pur qui doit être particulièrement recherché.

§ 164. Le Cadmium se trouve, à l'état de sulfure, mélangé avec la blende, où il est toujours en très-petite quantité. On l'a aussi indiqué en très-petits dépôts cristallins, jaunes ou rougeâtres, dans les mines de plomb de Leadhills en Écosse.

C'est des matières nommées *cadmies*, qui se portent dans les cheminées pendant le traitement des minerais de zinc, qu'on retire le cadmium pour l'usage des laboratoires; il y est en plus grande quantité que dans le minerai lui-même, parce que ses composés sont plus volatils que ceux du zinc.

Cinabre. — *Mercure sulfuré, vermillon.*

§ 165. Substance non métalloïde, rouge ou brune, à poussière d'un beau rouge, très-pesante, cristallisant dans le système rhomboédrique, clivable en prismes hexagones.

Volatile sans résidu dans le tube fermé, et donnant des globules de mercure lorsqu'on l'a préalablement mêlée de carbonate de soude; attaquable par l'eau régale, et précipitant alors du mercure sur une lame de cuivre.

Composée de 86 pour 100 de mercure et 14 de soufre.

Les cristaux de cinabre sont généralement petits et rares; ceux d'Europe présentent toujours des combinaisons de rhomboèdres; ceux de la Chine, plus volumineux, sont en prismes hexagones et clivables sur leurs faces.

On trouve le plus souvent le cinabre en masses granulaires ou compactes, quelquefois à l'état terreux, et colorant les matières argileuses ou autres qui l'accompagnent. Nous avons indiqué § 129 les principaux gîtes du cinabre; c'est de cette matière qu'on retire le mercure pour les besoins journaliers.

Pyrite. — *Fer sulfuré, pyrite martiale, marcassite.*

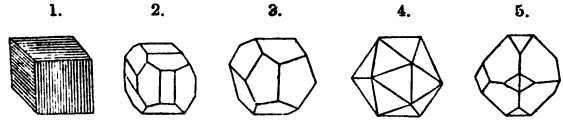
§ 166. **Distinction de deux espèces.** — Substance métalloïde, jaune d'or ou jaune-verdâtre;

Solution azotique précipitant abondamment en bleu par le cyanure ferroso-potassique.

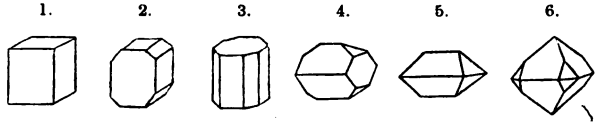
Cette substance se présente sous deux systèmes de cristallisation : le système cubique et le système prismatique rhomboïdal. Sous le premier, la couleur est plus jaune, et l'éclat plus vif; les cristaux, très-variés, se présentent en cubes striés sous trois di-

Digitized by Google

rections fig. 1, ou en dodécaèdres pentagonaux fig. 3, en icosaèdres fig. 4 et 5, modifiés d'un grand nombre de manières, et offrant en général de beaux polyèdres.



Dans le système prismatique, il se présente en prismes rhomboïdaux diversement modifiés fig. 1 à 3, ou en octaèdres fig. 4 à 6, modifiés d'un grand nombre de manières. Les groupements sont aussi très-remarquables dans cette espèce où se trouvent les groupes de cristaux octaèdres déformés dont nous avons parlé page 41, fig. 269.



Les cristaux cubiques se conservent parfaitement; mais les cristaux prismatiques, et en général toutes les pyrites à cet état d'agrégation moléculaire, se décomposent avec la plus grande facilité, et ne peuvent jamais être conservés long-temps dans les collections; il se fendillent d'abord, se gonflent, et se réduisent en sulfate de fer. Ce sont ces variétés qu'on nomme *pyrite blanche, fer sulfuré blanc*, et *sperkise*.

Outre les formes cristallines, les sulfures de fer, et principalement le second, se présentent en groupements dendritiques, en boules couvertes de cristaux à la surface, en masses mamelonnées, en stalactites. et sous des formes empruntées aux coquilles, principalement aux ammonites, sous la forme de bois, etc. On les trouve aussi en petites masses fibreuses et compactes.

Fréquemment les sulfures de fer ont été décomposés dans la nature sans perdre les formes sous lesquelles les matières s'étaient primitivement agrégées; leurs cristaux, leurs pseudomorphoses se trouvent alors convertis en hydrate de peroxyde de fer, rarement en peroxyde de fer anhydre.

Gisement. — Ces sulfures de fer sont extrêmement abondants à la surface du globe; ils sont disséminés partout en cristaux, en

Digitized by Google

nids, en rognons, en boules, en petits amas, en veines, dans les roches cristallines comme dans les dépôts de sédiment et dans tous les gîtes métallifères, où ils offrent en général de belles cristallisations. On peut dire, sans trop généraliser le fait, que le sulfure prismatique appartient plus que l'autre aux terrains de sédiment. C'est à la pyrite que se rapportent le plus souvent les prétendues découvertes d'or dont le peuple s'entretient en diverses localités, et dont on berce souvent la crédulité des voyageurs.

Usages. — Dans les lieux où les pyrites sont abondantes, on les rassemble pour la fabrication du sulfate de fer et de l'alun, en aidant quelquefois à la décomposition par un grillage préalable, surtout pour les variétés non altérables à l'air. Quelquefois on s'en est servi pour en retirer le soufre par une sorte de distillation en vase clos. Lorsqu'elles sont aurifères, comme à Macugnaga en Piémont, autour de Freyberg en Saxe, à Bérézof en Sibérie, on les exploite pour en tirer l'or, soit par lavage, soit, et plus souvent, par amalgamation.

Autrefois on travaillait l'espèce non altérable et, sous le nom de *marcassite*, on en faisait des boutons, des plaques d'ornements à facettes qui, étant bien polies, produisaient un assez bel effet à la lumière. Les bijoux d'acier ont détruit cette industrie. On en a trouvé des plaques polies dans les tombeaux des anciens Péruviens, et l'on a supposé qu'elles leur servaient de miroirs; de là le nom de *miroir des Incas* donné à la pyrite. Dans les premiers temps de l'invention des armes à feu on s'est servi du sulfure de fer au lieu de la pierre à fusil, par laquelle on l'a remplacé; de là le nom de *pyrite*, et quelquefois celui de *pierre d'arquebuse*.

§ 167. **Autre espèce.** — Il y a une autre espèce de pyrite fort distincte des précédentes par tous ses caractères. Elle est magnétique, de là le nom de *pyrite magnétique*, brun de tombac, d'où est venu le nom allemand de *leberkies*, avec éclat métallique. Elle se trouve cristallisée en primes hexagones qu'on regarde comme réguliers. Elle laisse surnager du soufre par la solution dans l'acide hydrochlorique. Enfin sa composition présente une combinaison de persulfure et de protosulfure.

Elle se trouve en petites masses lamellaires, quelquefois en cristaux, dans les roches cristallines, et principalement à Bodenmais en Bavière.

Molybdénite. — *Molybdène sulfuré.*

§ 168. Substance métalloïde, gris de plomb, onctueuse au toucher, offrant de petits cristaux rares en prismes hexagones régu-

Digitized by Google

liers, ou de petites masses lamellaires composées de lamelles flexibles.

Infusible au chalumeau, laissant par le grillage une matière blanche qui est de l'acide molybdique; attaquable par l'acide azotique, et donnant immédiatement un précipité insoluble d'acide molybdique, § 99, 7°.

Cette matière se trouve en petits amas dans les terrains cristallins, où quelquefois aussi elle est disséminée; parfois on la rencontre dans les dépôts métallifères d'étain, de fer magnétique et de cuivre. Elle est assez commune dans les Alpes, les Pyrénées, etc.; mais elle n'a d'autre emploi que dans les laboratoires pour la préparation du molybdène et de ses combinaisons avec les autres corps.

Chalkosine. — *Cuivre sulfuré, cuivre vitreux.*

§ 169. Substance métalloïde, gris d'acier, presque ductile, se coupant facilement avec un instrument tranchant; cristallisant en prismes hexagones réguliers diversement modifiés.

Fusible au chalumeau, donnant des grains de cuivre lorsqu'on traite la matière grillée sur le charbon avec de la soude; soluble dans l'acide azotique, solution devenant bleue par un excès d'ammoniaque, et ne donnant alors que peu ou point de précipité.

Cette matière, qui renferme 80 pour 100 de cuivre, est en général une substance accidentelle des gîtes de cuivre pyriteux; mais elle est assez abondamment disséminée, en petits rognons, dans des schistes voisins du calcaire pénéen (§ 137, note) au pays de Mansfeld et dans la Hesse; elle forme aussi presque à elle seule les dépôts des mines de Ourinski et de Goumechefski dans les monts Ourals, où elle paraît aussi se rattacher aux dépôts sédimentaires. Elle est d'autant plus importante alors que le cuivre pyriteux manque entièrement dans les provinces russes.

Chalkopyrite. — *Cuivre pyriteux, pyrite cuivreuse.*

§ 170. **Caractères.**—Substance métalloïde, jaune de bronze, cristallisant dans le système prismatique à base carrée; fusible au chalumeau en globules attirables à l'aimant, et qui donne ensuite des globules de cuivre avec la soude; attaquable par l'acide azotique; solution devenant bleue lorsqu'on y ajoute un excès d'ammoniaque, et donnant en même temps un précipité abondant jaune, qui est de l'oxyde de fer.

Le cuivre pyriteux, beaucoup moins riche que la chalkosine,

Digitized by Google

renferme 35 de cuivre, 30 de fer et 35 de soufre a l'état de pureté ; c'est par suite de cette quantité de fer que la masse fondue, en perdant du soufre, devient attirable à l'aimant.

Cette matière se trouve quelquefois cristallisée ; on la connaît en tétraèdres et en octaèdres que l'on a crus long-temps réguliers. Il était en effet facile de se tromper lorsqu'on ne faisait pas une grande attention à la mesure des angles ; car le tétraèdre de cette substance, par exemple, a ses faces inclinées de 110° et 71° 10', ce qui est très-près de 109° 28' 16" et 70° 31' 44" que présente le solide régulier de la géométrie. Du reste, la chalkopyrite se présente en masses compactes, très-brillantes dans la cassure fraîche, qui se trouvent souvent mélangées de matières étrangères avec lesquelles elle est entremêlée.

Gisement. — Ce minerai de cuivre appartient en général aux formations granitiques, où il forme souvent des filons ou des amas puissants. On le trouve cependant aussi dans les terrains de sédiment, particulièrement dans les *schistes cuivreux*, que nous venons de citer dans le Mansfeld en y indiquant la chalkosine.

Importance. — Ce sulfure est le principal minerai de cuivre ; et partout où il existe, du moins en quantité suffisante, on l'exploite avec activité. Mais la France est peu riche sous ce rapport : nous ne possédons que les mines de Chessy et Sainbel, près de Lyon ; celles de Baigorry, dans les Pyrénées, sont actuellement épuisées ; celles des Vosges, où le cuivre n'était qu'accidentel, n'ont jamais produit beaucoup ; et s'il en existe des indices dans d'autres lieux, ils ne paraissent pas pouvoir suffire aux dépenses que nécessiteraient des établissements. Aussi tirons-nous annuellement de l'étranger pour 8 à 9 millions de ce métal.

Les pays qui possèdent les mines de cuivre les plus abondantes sont l'Angleterre, la Russie, l'Autriche et la Suède. La première de de ces contrées fournit près de la moitié de la masse totale qu'en produit l'Europe, et qui s'élève à 21 millions de kilogrammes. Il nous vient aussi du cuivre de la Chine, du Japon, du Mexique et du Chili.

Stibine. — *Antimoine sulfuré.*

§ 171. **Caractères.** — Substance métalloïde, gris de plomb, cristallisant en prismes rhomboïdaux, clivables parallèlement au plan des petites diagonales.

Très-facilement fusible au chalumeau, et donnant par le grillage des vapeurs blanches abondantes ; attaquable par l'acide azotique, avec précipité immédiat d'oxyde d'antimoine.

Digitized by Google

La composition, Sb^2 Su^3, de cette substance correspond à 73 d'antimoine et 27 de soufre.

Les cristaux de stibine sont de longs prismes terminés au sommet par quatre faces ordinairement mal conformées, et qui sont le plus souvent groupés en formant des masses bacillaires. La substance se trouve souvent aussi en masse lamellaire et quelquefois compacte.

Gisement, emploi. — Cette matière, quoique peu abondante, se trouve cependant assez communément, et constitue à elle seule des filons dans le granite ou les roches qui s'y rattachent; elle est aussi subordonnée à d'autres gîtes métallifères, et principalement aux dépôts d'argyrose. Elle est exploitée pour en tirer le métal dont nous avons précédemment indiqué les usages § 148. Nous en avons en France dans l'Ardèche, le Gard, la Lozère, la Haute-Loire, le Cantal, le Puy-de-Dôme, etc.

§ 172. **Ses combinaisons.** — La stibine se trouve fréquemment combinée avec d'autres sulfures, comme on le voit dans le tableau de classification, en formant divers composés de même formule, avec des bases différentes. La plupart de ces substances offrent peu d'importance, mais celles qui renferment de l'argent ont souvent attiré l'attention sous le rapport des arts : ce sont surtout l'argyrithrose, la psaturose et la miargyrite.

L'Argyrithrose ou *argent rouge, argent antimonié sulfuré*, est une substance non métalloïde, de couleur rouge, cristallisant dans le système rhomboédrique. Elle est fusible au chalumeau, dégage des vapeurs blanches d'antimoine par la calcination, et laisse en définitive un bouton d'argent. Elle renferme 59 pour 100 d'argent, 23 d'antimoine et 18 de soufre.

La cristallisation de cette substance est très-variée; elle offre des prismes à bases d'hexagones réguliers, des scalénoèdres, des dodécaèdres à triangles isocèles, les uns et les autres modifiés d'un grand nombre de manières. Ces cristaux sont quelquefois groupés en dendrites ou en petites masses botryoïdes.

L'argyrithrose ne se trouve qu'en petite quantité dans les mines d'Europe, et subordonnée aux gîtes d'argyrose et de galène argentifères; mais au Mexique et au Pérou elle forme, dans quelques mines, la partie la plus importante du dépôt et la source de produits considérables. Partout elle est exploitée avec les autres minerais argentifères.

La Psaturose ou *argent sulfuré aigre, argent antimonié sulfuré noir*, est métalloïde et gris-de-fer; elle cristallise en prismes rhomboïdaux; elle est très-riche en argent, dont elle renferme 69 pour

Digitized by Google

100; elle se trouve dans les mêmes gisements que la précédente, avec laquelle elle est exploitée.

La Miargyrite, qu'on ne connaît encore qu'à Braunsdorf en Saxe, dans les minerais argentifères, est aussi en prismes rhomboïdaux, mais d'un éclat moins prononcé, d'une couleur plus noire; elle diffère aussi par ses proportions, la quantité d'argent n'allant qu'à 36 pour 100.

Il existe aussi des combinaisons triples de sulfure d'antimoine avec des sulfures de cuivre et de plomb, le dernier remplacé quelquefois par le sulfure d'argent. Ce sont ces combinaisons qui ont porté et portent souvent encore le nom de *cuivre gris*, groupe qu'on a déjà divisé en *bournonite*, *polybasite* et *panabase*, mais dans chacun desquels il y a sans doute encore beaucoup de matières très-différentes.

La *bournonite* est en cristaux qui se rattachent au prisme rectangulaire. La *polybasite*, qui renferme 64 pour 100 d'argent, est en prismes hexagones accolés les uns aux autres, et qui pourraient bien être réguliers; elle provient surtout des mines de Guanaxato et de Guarisamey au Mexique : ce serait une substance précieuse si elle était en masse considérable. La *panabase* cristallise en tétraèdres réguliers. Toutes ces substances sont des matières de filons : cependant la dernière forme çà et là des gîtes particuliers où elle est exploitée comme minerai de cuivre, recherché surtout par l'argent qu'il renferme le plus souvent; mais elle est difficile à traiter à cause de l'antimoine.

§ 173. **Remplacé par l'arsenic.** — Ajoutons maintenant que l'arsenic remplace quelquefois l'atimoine dans les combinaisons, c'est ce qui arrive pour l'*argent rouge;* il en est une espèce, la *proustite*, dans laquelle, sans aucun changement dans la cristallisation ni dans aucun des caractères physiques, il n'y a plus que de l'arsenic au lieu d'antimoine. L'arsenic se trouve presque toujours aussi dans la polybasite et la panabase, et c'est en le rassemblant avec l'antimoine qu'on arrive aux formules indiquées.

Réalgar *et* orpiment.

§ 174. — Ces deux substances ne présentent pas l'éclat métallique; la première est rouge lorsqu'elle est en masse, et la seconde jaune. Elles donnent une forte odeur d'ail par le grillage, et ne laissent aucun résidu.

Le réalgar se trouve en cristaux prismatiques rhomboïdaux assez nettement prononcés, réunis quelquefois en petites masses bacillaires; le plus souvent il est en petites masses compactes.

Digitized by Google

L'orpiment se trouve en cristaux peu distincts, rhomboïdaux, avec des clivages parallèlement au plan des grandes diagonales, dont un beaucoup plus distinct que les autres, comme dans la stibine. On le rencontre plus fréquemment en petites masses lamellaires, quelquefois oolitiques, ou bien compactes et terreuses.

Ces substances, très-peu abondantes, sont des matières accidentelles de filons; quelquefois elles se trouvent disséminées dans certains dépôts cristallins, dans les produits immédiats des volcans ou dans les solfatares. Elles sont employées en peinture sous les noms d'orpin rouge et d'orpin jaune; mais ce qui se trouve dans le commerce est presque toujours un produit de l'art, qu'on prépare avec de l'arsenic métallique et du soufre.

ACIDES SULFUREUX ET SULFURIQUE.

§ 175. — Le premier de ces corps, qui se trouve à l'état gazeux, ou dissous dans l'eau, donne immédiatement l'odeur du soufre. Le second, qui est à l'état liquide, donne la même odeur par l'action de la poussière de charbon, à l'aide de la chaleur, lorsqu'il est suffisamment concentré.

L'acide sulfureux à l'état de gaz est rejeté en abondance pendant les phénomènes volcaniques; il s'en dégage en tout temps des cratères des volcans actifs, et des solfatares en activité.

L'acide sulfurique est à l'état de solution dans l'eau; le plus bel exemple est offert par le ruisseau nommé *Rio Vinagre*, au volcan de Puraze, dans le Popayan. C'est cet acide qui en désagrégeant les roches trachytiques, les réduisant en bouillie, prépare les terribles éruptions boueuses dont Java a été plusieurs fois le théâtre. On le cite aussi dans les eaux hépatiques de certaines localités, où il paraît provenir de la décomposition de l'hydrogène sulfuré.

SULFATES.

§ 176. **Idée générale.** — Les sulfates sont faciles à reconnaître lorsqu'on les traite au feu avec un mélange de charbon et de sous-carbonate de soude; la matière qui en résulte dégage de l'hydrogène sulfuré par l'eau acidulée.

La plupart des sulfates sont hydratés, et un assez grand nombre donnent de l'eau légèrement acide lorsqu'on les traite dans le tube fermé; plus des deux tiers sont solubles dans l'eau, et la solution précipite de diverses manières, selon la nature des bases. Ceux qui sont insolubles, traités par la méthode § 99. 7°, laissent

Digitized by Google

alors leurs bases à l'état de carbonate, qu'on peut dissoudre dans l'acide azotique pour en examiner la nature.

Il n'y a que deux sulfates qui forment des dépôts assez considérables à la surface de la terre; plusieurs autres sont le plus souvent des matières accidentelles des gîtes métallifères, et le plus grand nombre se forment journellement en petites quantités.

Sous le rapport des usages, la pierre à plâtre, qui appartient à ce groupe, est peut-être la matière la plus importante; car, si l'on trouve dans la nature beaucoup de sulfates utiles dans les arts, ils n'y sont pas assez abondants pour suffire à nos besoins, et c'est artificiellement qu'on se les procure : seulement dans quelques cas on se sert de quelques autres sulfates naturels pour les préparer.

Nous nous occuperons spécialement ici de ceux des sulfates qui ont le plus d'importance sous différents rapports.

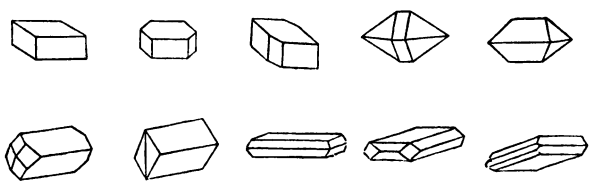
Anglésite, Barytine, Célestine.

§ 177. **Caractères.** — Ces trois sulfates ont de très-grandes analogies. Tous trois remarquables par leur poids, et naturellement incolores, ils présentent les mêmes genres de formes cristallines, qui peuvent être ramenées à des prismes rhomboïdaux peu différents, savoir :

Pour la barytine à un prisme rhomboïdal de. .	**101° 42' et 78° 18'**
Pour l'anglésite.	**103° 42' et 76° 18'**
Pour la célestine	**104° 30' et 75° 30'**

L'anglésite n'est pas clivable; mais les deux autres substances se clivent avec facilité, suivant les prismes indiqués.

Les formes sont très-nombreuses, surtout dans la barytine, qui est plus commune : ce sont des formes du troisième groupe cristallin, et particulièrement des prismes rhomboïdaux, simples ou modifiés de diverses manières, des octaèdres d'une espèce ou de l'autre, et surtout toutes leurs modifications tabulaires. Les figures suivantes donnent une idée générale de ces formes.



Digitized by Google

L'anglésite noircit au contact de l'hydrogène sulfuré; elle est fusible au chalumeau et réductible sur le charbon par l'intermédiaire du carbonate de soude. La barytine et la célestine ne noircissent pas, et ne donnent aucun globule métallique : la première est difficilement fusible; la seconde fond avec facilité. La solution barytique précipite toujours par un sulfate quelque étendue qu'elle soit, la solution strontianique ne précipite plus alors, § 101, 4°.

Outre les variétés cristallines, la barytine se présente sous des formes mamelonnées et stalactitiques, en masses bacillaires et fibreuses, en masses lamellaires, grenues et compactes. Ces variétés, quoique existant dans la célestine, sont cependant moins communes; les variétés fibreuses y sont fréquemment alors de couleur bleuâtre, d'où leur est venu le nom que nous avons conservé.

Gisement. — L'anglésite se trouve uniquement, et généralement en petits cristaux, dans les gîtes métallifères de plomb et de cuivre. La barytine, qui est très-abondante dans cette position, constitue aussi des veines et des filons à elle seule dans les roches granitiques, comme à Royat en Auvergne; elle existe également dans les terrains de sédiment, et cependant elle s'arrête dans les formations jurassiques. La célestine, au contraire, paraît appartenir aux dépôts plus récents; elle se trouve surtout assez abondamment avec les dépôts de soufre que nous avons cités en Sicile, § 158, et c'est de là que viennent les beaux groupes qui décorent nos collections. Partout ailleurs elle ne se trouve guère qu'en rognons à structure lamellaire, ou en petites veines fibreuses. Elle existe, et assez abondamment, jusque dans les argiles qui accompagnent la pierre à plâtre de Paris, en rognons compactes ou terreux ordinairement aplatis, et ressemblant à une petite miche de pain.

L'anglésite est exploitée avec les minerais qu'elle accompagne, et le plus souvent perdue dans les lavages qu'on leur fait subir; les deux autres matières ne servent que pour les préparations des laboratoires.

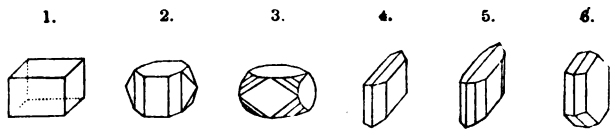
Karsténite et Gypse. — *Anhydrite, muriacite, sélénite.*

§ 178. **Caractères.** — Ces deux substances sont l'une et l'autre du sulfate de chaux; mais la première est anhydre, et la seconde hydratée, renfermant 21 pour 100 d'eau. Celle-ci est très-tendre et se raye avec facilité par l'ongle; l'autre est plus dure, mais cependant facilement attaquable par une pointe d'acier.

La karsténite, rarement cristallisée, se présente en petits pris-

Digitized by Google

mes rectangulaires droits, modifiés sur les arêtes ou sur les angles solides, fig. 1 à 3, et clivables parallèlement à leurs pans et à leurs bases. Le gypse, qu'on rencontre souvent en cristaux, fig. 4 à 6,



appartient, au contraire, à un prisme oblique, qui se clive avec beaucoup de facilité parallèlement aux pans latéraux, en feuillets aussi minces que l'on veut; les clivages parallèles à la base et aux autres pans sont beaucoup moins nets, et ne se manifestent bien que dans les lames minces, qui se brisent par là en espèces de parallélogrammes obliquangles.

Les cristaux de gypse sont le plus souvent des tables obliquangles biselées sur les arêtes, fig. 4 à 6, et modifiées de diverses manières. Ces cristaux sont fréquemment arrondis sur quelques-unes de leurs parties; et il en résulte souvent des formes lenticulaires, qui, réunies deux à deux, présentent dans la fracture ce qu'on nomme le *gypse en fer de lance*: disposition très-commune dans les carrières de pierre à plâtre des environs de Paris.

Outre les formes cristallines, ces deux substances se présentent en masses laminaires; et le gypse surtout offre fréquemment alors des plaques d'une belle transparence, qu'on peut diviser et subdiviser à l'infini : elles sont aussi en masses lamellaires, granulaires, compactes, fibreuses. Le gypse fibreux est remarquable par l'éclat soyeux qu'il présente, ce qui a conduit à le tailler en perles dont on fait de charmants colliers; mais qu'il faut conserver sous verre, le moindre frottement étant susceptible de les détruire

Gisement. — La karsténite forme quelquefois des masses considérables qui se trouvent particulièrement à la jonction des terrains de cristallisation et des terrains de sédiment. Elle disparaît entièrement dans les derniers lorsqu'ils sont éloignés des formations cristallines.

Le gypse est beaucoup plus répandu, et se trouve aussi bien dans le voisinage des dépôts de cristallisation que dans les parties qui en sont les plus éloignées. Par places on le voit comme intercalé dans les roches de cristallisation, mais il n'y forme guère de couches réglées; souvent même il se présente sur les flancs des vallées, sur les bords des grands cirques qu'on trouve dans les hautes mon-

Digitized by Google

tagnes. et disparaît dans l'épaisseur du terrain, de sorte que, là où il semblait devoir se continuer, on ne trouve plus que des couches de carbonate de chaux, qui en sont la suite. Il accompagne aussi certains dépôts cristallins (amydaloïde, serpentine, diallage [voy. Géologie]), qui forment des collines allongées dans les terrains calcaires, et autour desquelles, à une distance peu considérable, il n'y a plus encore que du carbonate de chaux.

Du reste, loin des terrains de cristallisation, le gypse est aussi très-abondant, et forme des amas plus ou moins considérables à tous les étages de ces dépôts, et jusque dans les plus modernes. En effet, il constitue aux environs de Paris, parallèlement au calcaire grossier, § 137, note, des dépôts qui présentent des caractères de formations fluviales, et autour d'Aix en Provence il forme des dépôts analogues encore plus récents.

Usages — La karsténite, qui est assez dure, assez solide, pourrait être quelquefois employée comme marbre; mais elle n'est ni assez compacte, ni de couleurs assez vives. Une variété seulement, qui est légèrement siliceuse, et de couleur gris-bleuâtre assez agréable, est employée en Italie pour des tables et des cheminées, sous le nom de *marbre de Bergame* ou de *Bardiglio*. On la tire de Vulpino, à 15 lieues de Milan.

Le gypse compacte et blanc, qui se taille avec une grande facilité, est employé sous le nom d'*albâtre, albâtre gypseux*, ou *alabastrite*, pour former des vases, des socles de pendules, des statuettes qu'on voit fréquemment dans nos habitations. Quelques variétés, veinées et ondulées de diverses teintes brunâtres, sont aussi employées de la même manière. C'est de Volterra, en Toscane, qu'on tire cette matière, et c'est généralement en Italie que se fabriquent, à bas prix, tous les ouvrages que nous voyons. Il ne faut pas confondre cet albâtre gypseux avec l'*albâtre calcaire*, beaucoup plus solide, susceptible d'un beau poli, dont les diverses variétés sont beaucoup plus agréables (voyez le Carbonate calcaire). Celui-ci, fort recherché, et travaillé avec soin, est toujours d'un prix assez élevé; l'autre n'a aucune valeur, et pas plus de renommée que de solidité et d'éclat.

Le gypse des environs de Paris est une matière extrêmement précieuse par la propriété qu'elle possède de prendre rapidement en masse solide lorsque, après avoir été calcinée et réduite en poudre, on lui rend, par le *gâchage*, l'eau qu'elle avait perdue. Malheureusement cette propriété ne se trouve au même degré dans aucun des autres dépôts de gypse des divers terrains, si ce n'est dans ceux d'Aix en Provence; on l'a attribuée à la présence d'une

Digitized by Google

très-petite quantité de carbonate de chaux que les variétés de ces deux localités renferment, mais il n'est pas probable que ce soit là la cause réelle. Quoi qu'il en soit, c'est à cette pierre que Paris doit, en très-grande partie, son extension; on l'exploite avec activité, et on l'exporte même très-loin, dans la France et à l'étranger, pour construire au moins les plafonds, qui n'ont aucune solidité avec toute autre variété. Çà et là dans la masse grenue de nos carrières se trouvent des variétés cristallines qu'on nomme *gypse en fer de lance, grignard, pierre à jesu, miroir d'âne*, etc., qui sont recherchées par nos modeleurs en plâtre, parce qu'elles donnent une matière plus fine. Mais ce plâtre fin, qu'on n'emploie que pour la couche la plus extérieure des statues, ne prend que lentement et possède infiniment moins de solidité; il est précisément de l'espèce qu'on peut obtenir avec les gypses qu'on rencontre partout.

Le gypse, fort utile en agriculture pour les prairies artificielles, est exploité aussi pour cet usage unique, dans les diverses localités où il se trouve.

Alunite, alun, sels d'alumine.

§ 179. **Caractère de l'alunite.** — Le seul sulfate capable de rayer le verre est l'alunite. C'est une substance pierreuse, qu'on trouve quelquefois en très-petits rhomboèdres, tapissant les cavités des masses compactes. Elle est infusible au chalumeau, donne de l'eau par calcination, et devient alors en partie soluble dans l'eau, qui produit par l'ammoniaque un précipité floconneux.

Elle est composée d'acide sulfurique, d'alumine, de potasse et d'eau, dans des proportions peu déterminées par suite du mélange dont la masse est susceptible.

Cette matière se trouve en masses compactes assez étendues, quelquefois caverneuses, à cavités tapissées de petits cristaux de même nature, et présentant çà et là des veines et des rognons où la matière est fibreuse. Partout où on la connaît, elle est dans le voisinage des terrains trachytiques et au milieu des détritus de ponce. C'est ainsi qu'elle se présente à Tolfa dans les États romains, à Piombino sur la côte de Toscane, en Hongrie, dans quelques îles de l'archipel Grec, au mont Dore en France. Elle semble placée dans d'anciennes solfatares; et il s'en produit journellement dans les solfatares actives, comme à Pouzzole près de Naples, à la Guadeloupe, par suite de l'action des vapeurs sulfureuses sur les matières environnantes.

Digitized by Google

L'alunite est une matière précieuse pour la fabrication de l'alun. La préparation de ce sel est très-facile, car il suffit seulement de calciner la pierre, de l'arroser d'eau pour la réduire en pâte, de lessiver à chaud, et de concentrer les eaux pour les faire cristalliser. Les aluns ainsi produits, et connus sous le nom d'*aluns de Rome*, ont été recherchés pendant long-temps, jusqu'à ce qu'on ait enfin fabriqué ce sel de toutes pièces.

§ 180. **Alun.** — Il existe aussi de l'alun tout formé dans la nature : c'est un sel composé de sulfate d'alumine et de sulfate de potasse, ou d'ammoniaque, d'une saveur astringente; soluble immédiatement dans l'eau, qui donne alors, par l'ammoniaque, un précipité floconneux blanc très-abondant. La solution donne des cristaux du système cubique.

On assure qu'on trouve cette substance toute formée, en petites couches recouvertes de sable, au milieu des déserts de l'Égypte, où des caravanes d'Arabes en vont chercher de grandes provisions tous les ans. L'alun ammoniacal se trouve en petites veines, avec la structure fibreuse, dans les dépôts de lignites de Tschermig en Bohême. Il se forme aussi journellement de l'alun dans les solfatares, dans les houillères embrasées et à la surface de certaines matières schisteuses qu'on nomme *schistes alumineux*. Ces matières sont exploitées dans différents lieux pour la fabrication de ce sel, et on se contente de les laisser exposées à l'air, où elles se désagrégent et s'altèrent, et de les lessiver ensuite.

Dans beaucoup de localités, la décomposition des pyrites, soit qu'elle ait lieu naturellement, soit qu'on la provoque artificiellement, donne lieu à une formation de sulfate d'alumine, auquel il suffit d'ajouter un alcali pour obtenir de l'alun; mais les sels qu'on obtient alors renferment beaucoup de sulfate de fer, qui les rend impropres à différents usages.

L'alun est un sel employé très-fréquemment dans la teinture, et dans la mégisserie pour la préparation des peaux blanches. On s'en sert aussi fréquemment en médecine comme astringent. On en imprègne les toiles et les bois qu'on veut rendre difficilement combustibles.

§ 181. **Sels alumineux divers.** — Outre l'alunite et l'alun, on trouve dans la nature le sulfate simple qui entre dans la composition de ce sel; il s'en forme ainsi dans les solfatares et dans certaines matières schisteuses.

Fréquemment aussi il se forme différents sels solubles composés, plus ou moins ferrugineux, manganésiens, cuivreux, etc., qui se présentent en petites veines fibreuses ou en efflorescence dans

Digitized by Google

certains schistes, dans des argiles diverses, dans certaines cavernes, dans les anciens travaux de mines. Ce sont ces matières qu'on désigne fréquemment sous le nom d'*alun de plume*, mais qui n'ont de commun avec l'alun que le sulfate d'alumine qu'elles renferment.

Il existe aussi un sulfate d'alumine insoluble, nommé *websterite*, qui se trouve en petits rognons blancs, doux au toucher et très-tendres, dans les argiles situées au-dessus de la craie.

Sulfates divers.

§ 182. **Sulfates métalliques.** — Il existe un grand nombre d'autres sulfates dont la plupart se forment journellement dans les gîtes métallifères par la décomposition des sulfures. Tels sont les *sulfates de cobalt, de fer, de cuivre* et *de zinc,* qui sont toujours en petites quantités Ce sont des sels hydratés, qui seraient naturellement isomorphes par suite de l'isomorphisme des bases, mais qui, d'un côté, ne sont pas ordinairement cristallisés dans la nature, étant continuellement remaniés par les eaux; et, de l'autre, prennent des quantités d'eau variables avec la température, de sorte qu'ils ne sont jamais complétement identiques de formule à une température donnée, § 45.

Le sulfate *pittizite*, à base de peroxyde de fer, ressemble quelquefois complétement à la limonite; il se forme dans quelques mines en assez grande quantité pour qu'on soit obligé de l'enlever; il présente tantôt des dépôts pulvérulents, tantôt des matières stalactitiques; quelquefois il est translucide, brillant dans la cassure, brun, et ressemblant complétement à de la résine.

Il se fait aussi des sels doubles d'un même métal, qui entre alors dans le composé, partie à l'état de protoxyde, partie à l'état de peroxyde; c'est ce que présentent surtout les sulfates de fer, comme on le voit dans le tableau de classifications.

§ 183. **Sulfates terreux et alcalins.** — Si les sels précédents sont peu importants, il en est quelques autres qui ont un certain degré d'utilité. Tels sont les sulfates de magnésie et de soude.

Le *sulfate de magnésie* ou Epsomite, qu'on nomme aussi *sel amer* à cause de sa saveur, se trouve quelquefois en petites masses fibreuses, soit dans les dépôts salifères, comme à Calatayud en Aragon, soit dans les gîtes métallifères; ou bien en efflorescence, à la surface de certains schistes alumineux. Mais c'est surtout à l'état de solution qu'il est plus remarquable; il constitue alors des eaux minérales purgatives dont il se fait une grande consomma-

Digitized by Google

tion, et qu'on trouve particulièrement à Epsom, dans le comté de Surrey en Angleterre, à Sedlitz et Egra en Bohême.

Le *sulfate de soude anhydre* ou Thénardite, qui se trouve cristallisé en prismes rhomboïdaux, forme journellement des croûtes cristallines au lieu nommé *les salines d'Espartine*, à cinq lieues de Madrid; il est exploité pour préparer artificiellement le carbonate de soude, assez abondamment pour servir à une grande fabrication de savon, et même pour qu'il en soit vendu à part.

Le *sulfate hydraté* se présente en efflorescence sur les laves du Vésuve et à la solfatare de Pouzzole; on le cite, à la surface du sol, autour de certains lacs de Sibérie, dont les eaux en renferment une assez grande quantité, et dont on l'extrait pour les besoins des arts.

2° Groupe des Séléniides.

Corps donnant l'odeur de chou pourri par le grillage dans le tube ouvert, et un sublimé rouge pulvérulent dans le tube fermé.

SÉLÉNIURES.

§ 184. On ne connaît qu'un petit nombre de séléniures, peu abondants, dont trois sont simples, et les autres doubles.

Le *séléniure de plomb* ou Clausthalie, est une substance métalloïde, gris de plomb, en petites masses lamellaires, fort analogue à la galène; il est fusible au chalumeau, et donne sur le charbon un oxyde jaune-de-plomb et des grains de plomb. Il se trouve au Harz, aux environs de Klausthal, soit dans des dépôts ferrugineux, soit dans la dolomie. Il se trouve aussi en combinaisons, ou en mélanges, avec des séléniures de cobalt, de mercure et de cuivre.

Le *séléniure d'argent*, autre matière gris de plomb, et très-ductile, analogue à l'argyrose, a été observé parmi les minerais de Tasco au Mexique. On y a aussi indiqué un séléniure de zinc.

Le *séléniure de cuivre* ou Berzeline est blanc d'argent et ductile comme le sulfure de même formule. Il se trouve dans la mine de cuivre de Skrickerum en Smoland en même temps que l'Eucharite, substance gris de plomb, ductile, qui est disséminée dans le calcaire ou les roches magnésiennes.

Digitized by Google

3° Groupe des Tellurides.

Corps doués de l'éclat métallique, donnant un sublimé gris dans le tube fermé et répandant, par le grillage dans le tube ouvert, une fumée blanche piquante, sans odeur, qui se dépose sur la partie froide du tube sous la forme d'une poudre blanche, fusible en gouttelettes limpides par la chaleur (1).

§ 185. Les substances de ce groupe, peu répandues dans la nature, n'ont été connues pendant long-temps qu'en Transylvanie, dans les mines de Nagy-ag, de Offenbanya et de Zalathna, qui sont des dépôts argentifères et aurifères des terrains de trachyte. On en a trouvé depuis à Sawodinski dans l'Altaï. Il y a peu d'espèces, du moins déterminées avec précision, parce que les matières sont rares à l'état de pureté et à l'état cristallin.

Le *tellure natif* est blanc d'étain ou gris d'acier, fragile, presque entièrement volatil par le grillage, et laissant cependant 7 à 8 pour 100 de résidu qu'on regarde comme à l'état de mélange; on l'a indiqué en petits prismes hexagones, mais rien ne prouve que ces prismes soient du tellure pur; on le voit souvent dans les collections en petites masses lamellaires ou granulaires.

Le *tellurure de plomb* est gris de plomb, en petites masses lamellaires qui sont encore assez analogues à la galène. Le *tellurure d'argent* présente une couleur entre le gris de plomb et le gris d'acier; il est en petites masses à gros grains, malléables, se coupant facilement, comme le sulfure d'argent.

Les autres espèces paraissent être des combinaisons de ces deux telluriures, et même du telluriure d'or; mais elles sont très-peu connues, soit chimiquement, soit minéralogiquement; elles ont des teintes de couleurs particulières; et elles se présentent en petits cristaux peu déterminables, qui sembleraient se rapporter à des formes différentes pour chaque composition.

Les variétés argentifères et aurifères sont recueillies pour en extraire les deux métaux précieux; l'espèce sylvane, qui renferme le plus d'or, et jusqu'à 70 pour 100, a même été désignée sous le nom d'*or blanc* et aussi sous le nom d'*or graphique*, à cause de la structure du minéral. La mullerine, qui en renferme 26, a été nommée *or gris* à cause de sa couleur plus foncée.

(1) Il y a souvent un peu de sélénium qui donne son odeur particulière ou sa couleur, mais qui ne se sublime qu'après l'oxyde de tellure.

Digitized by Google

CLASSE DES CHLORIDES, FLUORIDES, IODIDES, BROMURES.

§ 186. **Caractères généraux**. — Le chlore, le brome, l'iode, le fluor ont entre eux la plus grande somme d'analogies possibles : d'un côté par eux-mêmes sous le rapport de diverses propriétés physiques; de l'autre par toutes leurs combinaisons, qui se font dans les mêmes proportions, qui ont une foule de propriétés communes, souvent les mêmes caractères extérieurs; enfin par la facilité de se substituer l'un à l'autre dans différents composés. Ils se rapprochent, d'ailleurs, comme nous l'avons déjà dit, du soufre et du sélénium, qui les lient avec l'arsenic et le phosphore

Les corps naturels de cette division sont peu nombreux, et la plupart même ne sont que des raretés à peine connues. Les plus abondants, comme aussi les plus importants, sont le salmare (sel marin ou sel commun) et la fluorine; auxquels il faut ajouter la kérargyre, qui, du moins au Pérou, a de l'importance comme minerai d'argent. Nous aurons donc peu à nous occuper des autres.

1° Groupe des Chlorides.

Corps solides pour la plupart (un seul gazeux), solubles ou insolubles dans l'eau.
Solution donnant par l'azotate d'argent un précipité blanc soluble dans l'ammoniaque, et qui se colore à la lumière.
Donnant tous du chlore, reconnaissable à l'odeur, par l'action de l'acide sulfurique sur leur mélange avec le peroxyde de manganèse.

Acide chlorhydrique.

§ 187. Corps gazeux, incolore, d'une odeur piquante, acide, donnant des vapeurs blanches au contact de l'air; très-soluble dans l'eau, à laquelle il communique une forte acidité.

Ce gaz se dégage souvent en grande quantité dans les phénomènes volcaniques, notamment au Vésuve, et se condense avec les vapeurs aqueuses en formant alors des sources d'acides liquides, quelquefois assez abondantes. On le trouve encore dans quelques eaux minérales, et notamment au Mexique; quelquefois il se dégage dans les dépôts salifères.

Le chlore lui-même imprègne quelquefois les roches poreuses de certains épanchements volcaniques; par exemple, au Puy Sarcouy en Auvergne.

L'acide chlorhydrique est un des acides les plus employés dans

Digitized by Google

la teinture pour faire *virer* les couleurs, pour composer certains mordants, pour préparer le chlore et les chlorures; mais c'est toujours par l'art qu'on se le procure alors.

Kérargyre. — *Argent corné.*

§ 188. Substance blanche ou brunâtre, demi-transparente, se coupant au couteau comme de la cire ou de la corne; attaquable par l'ammoniaque, déposant de l'argent métallique lorsqu'on la frotte sur une lame de fer avec un peu d'eau.

Cette matière, qui renferme 75 pour 100 d'argent, se trouve quelquefois en petits cristaux simples ou modifiés, qui sont des cubes, ou des octaèdres réguliers; elle forme aussi des enduits à la surface de divers corps; quelquefois elle est en petites masses disséminées et plus souvent en particules invisibles mélangées dans des matières terreuses ou ferrugineuses, dont on peut l'extraire par l'ammoniaque.

La kérargyre est peu commune dans les mines d'Europe, où cependant il sera bon, dorénavant, de la rechercher plus attentivement dans les matières terreuses qui accompagnent les minerais d'argent; puisqu'on sait qu'elle s'y trouve mêlée en particules invisibles; mais elle existe en grande quantité au Mexique et au Pérou, où elle est mélangée avec des minerais de fer hydraté connus sous les noms de *pacos* et de *colorados,* ordinairement mêlés d'argent natif, § 128, et formant des masses d'une très-grande richesse à la partie inférieure des terrains de sédiment.

Salmare. — *Sel commun, sel marin, sel gemme.*

§ 189. **Caractères.** — Chacun connaît en général cette substance; elle cristallise en cubes, qui sont creusés en trémie sur leurs faces lorsque la cristallisation s'est faite rapidement, mais qu'on trouve quelquefois très-nets dans la nature, et avec diverses modifications. Elle se présente aussi en masse compacte susceptible de clivage cubique, en masse lamellaire à grandes et à petites lames, en masse granulaire, en masse fibreuse.

Naturellement incolore, cette matière se trouve souvent dans le sein de la terre colorée en gris, en rouge, quelquefois en bleu par des matières étrangères accidentellement mélangées. La matière rouge est le plus ordinairement de nature organique.

La composition est 40 de sodium et 60 de chlore. L'acide sulfurique en dégage de l'acide chlorhydrique, et le liquide restant

Digitized by Google

donne, après l'évaporation, des aiguilles cristallines efflorescentes. Cette dernière circonstance distingue le chlorure de sodium du chlorure de potassium, qui en a tous les autres caractères, mais dont le sulfate ne s'effleurit pas.

Gisement. — Le salmare se présente a nous en dépôts plus ou moins étendus dans le sein de la terre, en solution dans les eaux de certaines sources, dans les eaux de certains lacs, et dans les eaux des mers.

Les dépôts salifères enfermés dans le sein de la terre se trouvent tous dans les terrains de sédiment, depuis le calcaire pénéen jusque dans les terrains tertiaires, § 137, note. Ces dépôts sont formés en grande partie de matières argileuses, qu'on nomme *argiles salifères*, grisâtres ou rougeâtres, au milieu desquelles le sel est tantôt disséminé, tantôt en nids, en veines ou en amas plus ou moins considérables avec du sulfate de chaux, quelquefois anhydre, dont la quantité est plus ou moins grande. Dans certaines localités ces dépôts sont immenses, et constituent des montagnes entières où le sel se présente quelquefois à nu, et peut être exploité à ciel ouvert comme les carrières de pierres à bâtir.

Il y a des contrées qui sont extrêmement riches en dépôts de ce genre, telles sont les deux pentes des Karpathes : d'un côté depuis Cracovie, où l'on trouve les fameuses salines de Williczka et de Bochnia, jusqu'en Moldavie, où l'on remarque surtout les salines d'Okna ; de l'autre dans la Hongrie et la Transylvanie, où il en existe aussi de très-importantes. Dans toutes ces contrées le sel lui-même forme des amas immenses qui appartiennent aux terrains tertiaires, comme je l'ai fait voir le premier en 1818. Il y est exploité par blocs, qui, par suite de la pureté de la masse, sont livrés immédiatement au commerce. Le Salzbourg, la Bavière, le Wurtemberg en renferment aussi des dépôts considérables qui appartiennent aux terrains pénéens, mais dont on n'extrait plus de blocs de sel comme dans les précédents; on introduit simplement des eaux dans la mine, et on les sort ensuite au dehors pour les évaporer et faire cristalliser. En France, nous n'avons de connues et d'exploitées que les salines de Vic en Lorraine, dans le grès bigarré, et un assez grand nombre de sources dans la même contrée. En Angleterre on cite surtout les salines de Northwich, en Suisse celles de Bex, en Espagne celles de Cardona, qui appartiennent aussi aux dépôts tertiaires.

Les sources salifères sont très-nombreuses, et généralement dans les contrées où se trouvent des dépôts de sel que sans doute les eaux traversent avant d'arriver au jour. Il y en a aussi qui

Digitized by Google

viennent d'une grande profondeur, ce qui est indiqué par leur température élevée, et qui prennent peut-être le sel qu'elles renferment dans d'autres gisements que ceux que nous connaissons.

Toutes ces sources sont exploitées, soit librement, par les habitants de la contrée, soit par des compagnies. Nous en avons en grand nombre en France : à Dieuze, Moyenvic, Château-Salins, etc. Il en existe de même dans un très-grand nombre de localités, soit en Europe, soit dans les autres parties du monde.

Les lacs salés sont aussi extrêmement nombreux, et se présentent principalement dans les grandes plaines de nos continents. La Russie d'Asie, la Sibérie en renferment un grand nombre; les plaines de l'Afrique sont aussi extrêmement riches en ce genre. Le sol même des contrées où se montrent ces lacs est tout imprégné de sels, et l'on en cite des masses solides, qui se présentent çà et là à fleur de terre, dans les parties où la sécheresse habituelle du climat permet leur conservation.

Il est à remarquer que dans ces lacs, comme dans les eaux des mers, le sel commun se trouve accompagné de chlorure de calcium et de magnésium, de sulfate de soude, etc.

Usages. — Le sel commun est tellement nécessaire à l'homme, que partout où il s'en trouve il est exploité avec soin, et que sur toutes les côtes les eaux des mers sont évaporées pour en tirer cette matière importante. Dans les parties favorisées par de riches dépôts, on en donne constamment aux bestiaux, qui en deviennent extrêmement friands, ce qui contribue beaucoup à les entretenir en santé; on en trouve alors des blocs à la porte de toutes les étables.

Outre la consommation journalière, il y a des contrées où l'on se sert du sel commun pour préparer du sous-carbonate de soude, si nécessaire pour les savonneries et pour les verreries. C'est avec le sel commun qu'on prépare tout l'acide hydrochlorique nécessaire aux arts.

Le sel commun, malgré son peu de valeur lorsqu'il n'est sujet à aucun droit, offre en Europe un produit brut de 150 millions de francs.

Chlorures divers.

§ 190. Citons cependant quelques autres corps de ce groupe sur lesquels il n'est pas inutile d'avoir quelques notions.

Le Calomel se trouve avec le cinabre, en petits enduits, et en petits cristaux blanchâtres, qui sont des prismes carrés.

La Kérasine, fort rare, qu'on trouve dans quelques mines de plomb, et qui est en cristaux prismatiques à bases carrées, a cela

Digitized by Google

surtout de remarquable qu'elle nous offre une combinaison de chlorure de plomb avec l'oxyde de ce métal, circonstance dont nous connaissons plusieurs exemples dans les laboratoires.

L'Atakamite est dans le même cas ; c'est un chlorure de cuivre combiné avec l'oxyde de cuivre et hydraté. Cette matière, d'une belle couleur verte, se trouve au Pérou dans certains gîtes de minerais de cuivre : on la réduit en poudre, et elle est alors employée comme sable à mettre sur l'écriture dans tout le pays.

La Sylvine, ou *sel de Sylvius*, est mélangée en très-petite quantité avec le sel commun, dans les mines de Hallein et de Berchtesgaden en Salzbourg.

Les chlorures de calcium et de magnésium, qui sont très-déliquescents, se trouvent dans les eaux des mers et de certains lacs, auxquelles ils donnent une saveur amère.

Le Salmiac, ou *sel ammoniac*, se trouve dans quelques houillères embrasées, dans les volcans, à la surface des laves, et dans des espèces de solfatares de l'Asie centrale, où des caravanes viennent l'exploiter en certains temps de l'année.

2° Groupes des Bromides et des Iodides.

§ 191. On a découvert le *bromure d'argent* dans les *pacos* et *colorados* du Pérou et du Mexique, et on l'a reconnu depuis dans des matières semblables à Poullaoen en Bretagne. Il est assez abondant dans les premiers, et en petits cristaux cubiques de couleur verdâtre dans les seconds. On le distingue par des caractères chimiques indiqués § 100, 4°. Cette matière est, comme le chlorure, soluble dans l'ammoniaque.

Les eaux-mères des marais salants renferment des *bromures de magnésium* et de *calcium*. Privées de sel marin, elles donnent, par l'azotate d'argent, un précipité jaunâtre, qui, par cette couleur, se distingue du chlorure d'argent. On a annoncé du *bromure de zinc* dans les dépôts de calamine de Silésie.

L'*iodure d'argent* a été annoncé autrefois par Vauquelin dans des minerais argentifères du Mexique ; mais on soupçonne aujourd'hui que c'était un bromure. On a de même indiqué des *iodures de zinc* et de *mercure :* le premier en Silésie, le second au Mexique.

Il y a des *iodures de sodium* et de *magnésium* dans les eaux des mers et dans certaines eaux minérales, telles que celles de Voghera, de Sales et de Castel-Novo d'Asti, en Piémont, qui sont connues pour le traitement des maladies scrofuleuses. Les eaux-mères des salines de Schœnbeck, en Magdebourg, celle de Guaca,

Digitized by Google

en Colombie, en renferment également. Toutes ces eaux précipitent par l'azotate d'argent; mais le précipité est insoluble dans l'ammoniaque.

3° Groupe des Fluorides.

Corps donnant par la fusion avec l'acide phosphorique une vapeur qui corrode le verre du tube dans lequel on fait l'opération.

Fluorine. — *Fluor, spath fluor, chaux fluatée.*

§ 192. **Caractères.** — Substance offrant souvent des couleurs vives, cristallisant dans le système cubique, se clivant en tétraèdres ou en octaèdres réguliers; rayée par le verre; donnant généralement une phosphorescence très-marquée par l'action de la chaleur.

Fusible au chalumeau; attaquable par les acides, et surtout l'acide sulfurique, qui la décompose; solution subséquente précipitant abondamment par les oxalates et non par l'ammoniaque.

La fluorine se présente souvent cristallisée et affecte presque toutes les formes du système cubique; si ce n'est le tétraèdre, qu'on n'obtient que par le clivage. Souvent aussi elle se trouve en masse lamellaire ou bacillaire, plus rarement compacte, et quelquefois à l'état terreux. Elle est rarement incolore; mais le plus souvent elle offre des couleurs vives, jaune, vert, rose, violet, plus ou moins foncées, et souvent toutes ces couleurs sont réunies par bandes et par zones sur le même morceau.

Gisement; usage. — Cette substance, assez commune, est en général subordonnée aux gîtes métallifères, surtout à ceux de minerais de plomb; mais elle forme aussi des filons à elle seule, tant dans les terrains granitiques que dans les dépôts de sédiment qui en sont voisins.

Les variétés qui présentent des couleurs vives, disposées en zones, en zigzags, ou entremêlées agréablement, sont employées pour faire des vases, des coupes, une multitude d'objets de fantaisie, d'un très-bel effet, qui sont souvent d'un prix très-élevé. Il paraît que c'était la substance des *vases Murrhins*, si célèbres dans l'antiquité. C'est en Angleterre que se fabriquent aujourd'hui la plupart de ces objets : en France on a quelquefois employé, sous le nom de *prime d'émeraude*, des variétés verdâtres entremêlées par couches en zigzags avec du quarz, pour des incrustations qui ne sont pas sans agrément.

C'est avec la fluorine qu'on prépare l'acide fluorhydrique, dont

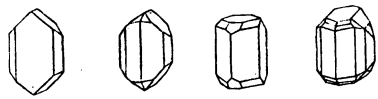
Digitized by Google

on se sert pour la gravure sur verre comme de l'eau-forte pour la gravure sur cuivre. On couvre le verre d'une légère couche de cire, puis on dessine, avec une pointe, les objets qu'on veut graver, et on expose la plaque à la vapeur de l'acide, qu'on dégage par un mélange de fluorine en poudre et d'acide sulfurique.

§ 193. Il existe des *fluorures de cérium* et d'*yttria* qui se trouvent en très-petits nids dans les pegmatites de Brodbo et de Fimbo en Suède. On connaît aussi une substance blanche, la *cryolite*, clivable en prismes rectangulaires, qui se fond avec une grande facilité au chalumeau, et qui est un double composé de fluorure d'aluminium et de sodium. Elle se trouve au Groenland, en filons, dans des roches de cristallisation.

Topaze.

§ 194. Substance vitreuse, rayant le quarz, cristallisant en prismes rhomboïdaux, clivables perpendiculairement à l'axe. Infusible au chalumeau, attaquable par les acides après la fusion avec le sel de soude; solution donnant un précipité floconneux par l'ammoniaque.



La topaze est presque toujours cristallisée. Elle offre des prismes rhomboïdaux diversement modifiés, comme dans les figures ci-jointes, qu'on trouve souvent roulés et brisés dans les ruisseaux de diverses contrées; souvent ils sont réduits en cailloux arrondis, qu'on distingue des cailloux semblables de quarz par le clivage dont ils sont susceptibles. Quelquefois les cristaux sont assez gros, et quand ils sont empâtés dans la roche il arrive qu'en se brisant ils offrent des masses laminaires qui sont alors blanchâtres et plus ou moins opaques. Ailleurs ils sont au contraire très-petits, entassés les uns sur les autres, et produisent de petites masses granulaires.

Le plus ordinairement la topaze est jaunâtre; mais on la trouve aussi limpide, ou bien rosâtre et bleuâtre.

Cette substance appartient essentiellement aux terrains de cristallisation; elle en tapisse les fissures, ou bien se trouve disséminée, et surtout dans les pegmatites; elle se trouve aussi dans quelques amas métallifères, et particulièrement dans ceux d'étain. C'est au

Digitized by Google

Brésil, à la Nouvelle-Hollande, etc., qu'elle se trouve dans des terrains d'alluvion en cristaux ou en cailloux roulés avec beaucoup d'autres substances.

On sait que cette substance est employée dans la joaillerie ; c'est du Brésil que les pierres nous arrivent aujourd'hui toutes taillées, et il n'y a plus qu'à les choisir, les assortir pour les parures. On nomme *topazes brûlées* des variétés de couleur rosâtre, qu'on obtient le plus souvent en soumettant quelques variétés de couleur jaune à l'action de la chaleur.

§ 195. On nomme *picnite* une substance pierreuse, en masses bacillaires, des mines d'étain d'Altenberg en Saxe, qui renferme aussi de la silice, du fluor et de l'alumine, mais dont les proportions diffèrent de celles de la topaze. Il est difficile aujourd'hui de se prononcer sur cette matière, d'autant plus que la topaze, même bien cristallisée, est assez variable sous ce rapport, et qu'on ignore complétement le rôle que joue le fluor dans ces composés. On peut ajouter aussi que, sous les rapports optiques, il y a dans les topazes de grandes différences dans l'écartement des axes, § 69, ce qui semblerait indiquer plusieurs espèces. (Voyez aussi les silicates fluorifères.)

HYDROGÉNIDES, AZOTIDES.

§ 196. — L'hydrogène et l'azote sont des corps qu'on ne sait trop où placer dans la série des corps simples. Ils ont quelque analogie d'un côté avec le carbone, de l'autre avec le soufre et le phosphore, et c'est par là qu'on est conduit à les placer entre ces substances.

Nous avons peu de matières naturelles dans ce groupe, mais celles qui existent jouent un rôle assez important pour ne pas les passer sous silence. Dans les hydrogénides nous avons l'hydrogène et l'eau ; dans les azotides se trouvent l'azote et l'air atmosphérique, et quelques azotates, dont le salpêtre est le plus important.

Hydrogène.

§ 197. — Corps gazeux, incolore, inodore, très-léger, combustible, et donnant de l'eau pour résultat de la combustion.

L'hydrogène, qui est rare à l'état libre, paraît se dégager quelquefois par les crevasses qui se manifestent pendant les tremblements de terre : c'est peut-être là l'origine des flammes qu'on a quelquefois indiquées dans ces grandes catastrophes. Il s'en dé-

Digitized by Google

gage quelquefois en abondance pendant les éruptions volcaniques, qui se trouve presque aussitôt brûlé par suite de l'élévation de température. Il est toujours mêlé aux vapeurs de naphte et à l'hydrogène carboné qui se dégage des salzes, § 212.

Eau.

§ 198. — L'eau se trouve dans la nature à l'état solide, à l'état liquide, ou à l'état gazeux.

A l'état solide, elle cristallise dans le système rhomboédrique ; ce qu'on observe en parcourant les hautes montagnes pendant l'hiver. Elle donne alors la double réfraction attractive, qui, comme on sait (§ 70), n'est encore connue que dans peu de substances. Elle forme à cet état les glaces perpétuelles des pôles au niveau même des mers, et au sommet des montagnes les neiges éternelles, qui commencent à différentes hauteurs, suivant la latitude. L'observation donne à cet égard les résultats suivants :

Vers 70° de latitude la limite inférieure des neiges perpétuelles est à environ	1050 mètres.
Vers 65° à	1500
Vers 45° à	2550
Vers 20° à	4600
Vers l'équateur à	4800

Ces neiges éternelles, ou amas de grésil, constituent ce qu'on nomme les *glaciers,* dont il faut distinguer deux espèces : ceux qui commencent aux limites indiquées, et qui sont à peu près invariables ; et ceux qui résultent des neiges qui tombent en certain temps dans les vallées plus basses, ou des *avalanches,* qui viennent des premiers. Ceux-ci, qui se consolident par l'infiltration journalière des eaux provenant de la fusion de quelques-unes de leurs parties, et qui se meuvent constamment sur la pente du terrain, descendent beaucoup plus bas, et parviennent même jusqu'à 1000 mètres dans nos climats, au milieu des prairies et des terres labourables de nos montagnes. Leur masse est très-variable, tantôt augmentant, tantôt diminuant, suivant le degré de chaleur et la durée des étés ; quelquefois elle diminue pendant plusieurs années de suite, puis augmente de même pendant quelques autres. Ce sont ces glaciers accidentels qu'on a le plus souvent été à même de visiter, et qui offrent les circonstances les plus remarquables. La neige agglutinée y forme des dépôts dont l'épaisseur est quelquefois de 8 à 900 mètres, qui sont traversés irrégulièrement par des crevasses profondes, percés de puits dans lesquels s'engouffrent de petits

Digitized by Google

ruisseaux provenant de la fonte journalière de la surface. Des glaçons taillés en pyramides aiguës, en espèces de crêtes percées à jour, toutes prêtes à s'écrouler, en hérissent de toutes parts la surface et arrêtent à chaque pas le voyageur attiré par la curiosité : ce sont les plus grands, les plus effroyables spectacles de la nature. On a quelquefois comparé ces glaciers à une mer agitée par la plus violente tempête, et qui tout à coup se serait congelée pendant que ses lames écumantes semblaient menacer la terre d'un bouleversement universel. Quelquefois cependant la surface est plus unie, et avec quelques précautions on peut y voyager en toute sécurité.

Dans nos climats c'est au milieu des Alpes qu'on peut voir les glaciers, soit autour du Mont-Blanc, où l'on remarque surtout le glacier de Bois, ou *mer de glace,* qui a cinq lieues de long sur une de large ; soit au Saint-Gothard, où l'on trouve le glacier du Rhône, qui est un des plus remarquables, et d'où le fleuve sort déjà avec une grande force d'une voûte immense de glace.

Il se trouve aussi de la glace dans certaines cavernes, qu'on nomme à cause de cela *glacières naturelles ;* elle y est produite par l'évaporation rapide causée par les courants d'air sur les eaux qui suintent dans ces cavités, et dont une partie dès lors se solidifie. Il se trouve de ces glacières naturelles dans les montagnes du Jura et principalement près de l'abbaye de Grâce-Dieu, à six lieues à l'est de Besançon.

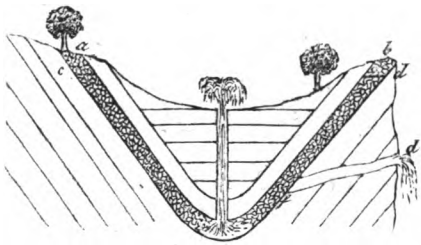
A l'état liquide, outre les mers qui enveloppent nos continents, les lacs qui se trouvent en grand nombre, tantôt dans les plaines, tantôt au milieu des montagnes, et jusqu'à leur sommet ; outre les ruisseaux et les rivières qui sillonnent la surface de la terre, l'eau se trouve en amas plus ou moins considérables dans l'intérieur même du globe, et forme des rivières souterraines dont le courant même est quelquefois très-rapide. D'un côté, on voit quelquefois les eaux sortir en abondance du sein même des roches, comme à la source du Loiret, à celle de l'Orbe, à ce qu'on nomme la fontaine de Vaucluse, la fontaine de Nîmes, et dans un grand nombre d'autres lieux, ce qui annonce des courants intérieurs plus ou moins longs ; d'un autre côté, les sondages qu'on a faits en tant de lieux différents pour les puits artésiens ont fait découvrir, à diverses profondeurs, des courants rapides, qui ont donné l'idée d'amener au trou de sonde les eaux dont on voulait se débarrasser : de là l'origine des *puits absorbants,* qui ne sont pas moins précieux pour certaines contrées que les puits artésiens eux-mêmes.

On nomme *puits artésiens,* parce qu'ils sont depuis long-temps

Digitized by Google

en usage en Artois, des trous de sonde verticaux au moyen desquels, en certains lieux, les eaux situées à la profondeur remontent jusqu'à la surface, et quelquefois même y jaillissent à de grandes hauteurs.

La condition essentielle pour obtenir un puits artésien est la présence d'une couche graveleuse relevée suffisamment de toutes parts, aboutissant au jour à une distance assez grande, et comprise entre deux couches imperméables dont on perce la supérieure. Il est clair qu'une telle couche se présentant à la surface du sol, en *a*



et *b*, par exemple, absorbera continuellement les eaux pluviales par tout son pourtour, qui peut être quelquefois très-grand, et se remplira dès lors entre les deux couches imperméables jusqu'à un certain niveau *c d;* si on vient alors à faire un trou de sonde en perçant tous les dépôts qui recouvrent la couche aquifère, l'eau jaillira par le trou et s'élèvera au dehors jusqu'au niveau qu'elle atteint dans cette espèce de grand vase naturel. L'écoulement se continue à la même hauteur s'il y a absorption suffisante au pourtour extérieur de la couche, et, mieux encore, si en quelques points, *a*, *b*, etc., de ses affleurements il passe quelque rivière qui puisse fournir constamment. C'est ainsi qu'il est probable que la Creuse fournit aux puits artésiens de Tours, et l'Yonne au puits de Grenelle à Paris.

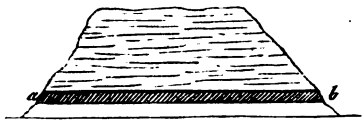
Il est clair que ce qu'on fait ici artificiellement peut avoir lieu dans la nature par des fentes soit dans le terrain qui recouvre la couche aquifère, soit dans celui qui la supporte, comme de *f* en *g*, par exemple : et de là l'explication de la source du Loiret, des fontaines de Vaucluse, de Nîmes, etc., des puits passagers qui débordent en certains moments dans le Jura; toutes circonstances qui peuvent se lier à la disparition des eaux de pluie et des ruisseaux dans les sables de certaines contrées.

Les puits artésiens ramènent à la surface de la terre des eaux

Digitized by Google

qui scraient complétement perdues pour diverses localités, et qui nous offrent alors de grandes ressources. On a proposé d'augmenter ainsi la masse des eaux de certains ruisseaux, ce qui offrirait souvent un avantage immense ; on a même pensé qu'il serait possible de rendre à la culture certaines parties des déserts de l'Égypte, en amenant ainsi des eaux à la surface du sol.

Les *sources ordinaires* résultent de la filtration des eaux pluviales à travers le terrain jusqu'au moment où une couche imperméable, *a b*, par exemple, les arrête et les force de glisser au dehors.



Mais il n'en peut être de même de ce qu'on nomme les *sources d'eau minérale*, du moins de celles qui renferment différentes matières qu'on ne rencontre pas dans les autres, et auxquelles une température plus élevée a fait donner le nom de *thermales*. De tout temps on en a cherché l'explication, tantôt dans la décomposition des pyrites, tantôt dans la proximité des volcans, sans pouvoir satisfaire à toutes les observations ; aujourd'hui l'accroissement reconnu de la température à mesure qu'on descend dans l'intérieur de la terre, et qui est d'environ 1° par 30 mètres au-dessous du point où l'on atteint la température moyenne du lieu, fait naturellement penser que la température des eaux thermales tient à ce qu'elles sortent, comme celles des puits artésiens, d'une profondeur plus ou moins considérable, et qu'on peut même calculer (1).

Dans certains terrains on conçoit que l'eau, à ces profondeurs et à une température convenable, puisse agir sur les roches et en extraire certains sels qui les distinguent des eaux de sources produites par les filtrations superficielles.

Les sources chaudes sont généralement assez communes ; mais celles dont la température arrive jusqu'à l'ébullition sont rares, et l'on ne connaît, en France, que les eaux de Chaudes-Aigues et de Vic, dans le Cantal, qui soient dans ce cas : il y a même fort peu d'autres localités connues à la surface du globe.

Citons aussi les sources jaillissantes dont les unes sont continues

(1) Il n'a fallu percer que 547 mètres au milieu de la plaine de Paris pour avoir un puits artésien dont l'eau est à la température de 28°.

Digitized by Google

et les autres intermittentes. Les plus remarquables par le nombre et par la hauteur des jets sont celles de l'Islande, où elles portent le nom de *geyser;* ce qui signifie *jaillissants*, suivant les uns, et *furieux* suivant les autres. Il en est une surtout qui projette de demi-heure en demi-heure une colonne d'eau bouillante de 18 pieds de diamètre, et qui parfois s'élève à 150 pieds de hauteur. Les eaux de ces sources renferment de la silice, qui se dépose à l'état d'hydrate sur tous les corps environnants.

A l'état de vapeur l'eau se trouve constamment mêlée à l'air atmosphérique; mais elle forme aussi des jets plus ou moins volumineux, à 100°, qui s'échappent des crevasses du terrain dans certaines contrées, et souvent avec bruit, comme d'une chaudière à vapeur. On trouve de ces jets de vapeur, non-seulement dans les volcans actifs et les solfatares, mais encore dans des terrains calcaires qui en sont fort éloignés, comme au Monte-Cerboli, à Castel-Nuovo, en Toscane, etc. : ce sont ces jets qu'on désigne sous le nom de *fumarolles*. Les vapeurs dont ils se composent entraînent avec elles différentes matières qu'on reconnaît dans les eaux qui résultent de leur condensation. C'est ainsi qu'en Toscane on trouve l'acide borique dans les lagonies qui se lient aux fumarolles. Au Vésuve, ces vapeurs sont remplies d'acide hydrochlorique; et à la solfatare de Pouzzole, elles se dégagent avec du gaz sulfureux et du gaz sulfhydrique.

A l'état de combinaison l'eau se trouve dans un grand nombre de corps, que l'on nomme à cause de cela des *hydrates*. La limonite et le gypse en sont des exemples importants dans les corps que nous avons étudiés, et ce sont eux probablement qui en présentent la plus grande quantité ainsi fixée à la surface du globe.

Azote et azotates.

§ 199. — L'*azote* est un corps gazeux, incolore, inodore, n'entretenant ni la combustion ni la vie, incombustible, insoluble dans l'eau. Il se dégage quelquefois des fentes de la terre pendant les phénomènes volcaniques ou les secousses de tremblement de terre, et c'est à cela qu'on attribue l'asphyxie des animaux qui a lieu quelquefois dans ces grandes convulsions de la nature.

Le mélange de l'azote avec l'oxygène dans la proportion de 78 à 22 constitue l'air atmosphérique. C'est par la combinaison de ces deux gaz et dans la proportion de 26 à 74 que se forme l'acide azotique, qu'on trouve combiné naturellement avec la potasse, la soude, la chaux et la magnésie.

Digitized by Google

L'*azote de potasse* ou Salpêtre, susceptible de cristalliser en prismes rhomboïdaux, se trouve en efflorescence dans un grand nombre de lieux à la surface de la terre, surtout au milieu des grandes plaines de nos continents : comme en Hongrie, dans l'Ukraine et la Podolie, dans les plaines de la mer Caspienne, en Perse, en Arabie, dans les déserts de l'Égypte, dans diverses cavernes des terrains calcaires et des dépôts feldspathiques. Il paraît dû, presque partout, à une formation journalière ; mais il est difficile d'en assigner la cause. Sur les murailles de nos écuries, et, en général, autour de nos habitations, on en puise l'explication dans la décomposition des matières animales, qui fournissent l'azote ; mais dans les cavernes naturelles, à la surface des plaines sableuses, au milieu des déserts, cette explication ne peut plus suffire, et c'est dans l'air même qu'il faut chercher l'azote. Ce que l'on sait, c'est qu'il est nécessaire, pour cette formation, du contact de l'air avec des matières poreures calcarifères et du concours de l'humidité.

Le salpêtre est récolté partout où il se trouve sous la main des hommes, et la plus grande partie est employée pour la fabrication de la poudre à canon. On le fabrique souvent au moyen des vieux plâtras des écuries et des caves, qui renferment quelquefois beaucoup d'azotate de chaux ; mais il revient alors beaucoup plus cher que celui qu'on pourrait se procurer par la voie du commerce, en le tirant des contrées où il est naturellement tout formé.

L'*azotate de soude*, qu'on nomme aussi *nitre cubique*, parce qu'il cristallise en rhomboèdres qu'on a pris dans le principe pour des cubes, se trouve dans la nature en couches de deux à trois pieds d'épaisseur, présentant la structure granulaire, dans les environs de la baie d'Yquique, au Pérou, sur une étendue de plus de quarante lieues, dans les districts de Tarapaca et d'Atakama ; il est quelquefois à nu, ou seulement recouvert par une couche d'argile ou de sable. On l'exploite en grande quantité et il sert aujourd'hui pour la préparation de l'acide azotique, et comme intermédiaire dans la fabrication de l'acide sulfurique ; il présente beaucoup d'inconvénients pour la préparation de la poudre, parce qu'il est un peu plus déliquescent que l'azotate de potasse.

Digitized by Google

GROUPE DES CARBONIDES.

Corps solides, liquides ou gazeux : les uns combustibles et donnant alors de l'acide carbonique, d'autres attaquables par les acides et dégageant avec effervescence du gaz acide carbonique; un autre enfin à l'état même d'acide carbonique gazeux, ou dissous dans l'eau.

§ 200. Les corps renfermés dans ce groupe sont le carbone et un assez grand nombre de combinaisons mal définies de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, quelques carbures, enfin l'acide carbonique libre et des carbonates.

Nous ne trouvons le carbone pur que dans le diamant ou le graphite; ce sont là les seules espèces charbonneuses bien définies, et qui ne diffèrent entre elles que par le mode d'agrégation des particules. Les combinaisons de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, ou plutôt des mélanges variables de diverses combinaisons encore inconnues, constituent les matières qu'on désigne vulgairement sous le nom de *charbon de terre*, et celles qu'on appelle *bitume*. Ces matières proviennent d'une accumulation de débris végétaux, qui ont subi diverses modifications en vertu desquelles il s'est formé des combinaisons particulières de leurs éléments (1). Elles ne peuvent, du moins actuellement, former en aucune manière des espèces minéralogiques distinctes; mais, vu leur importance dans les arts, nous devons les décrire, à la suite du diamant, sous les noms par lesquels elles sont habituellement connues.

Le peu de carbures que nous connaissons dans le règne minéral sont des carbures d'hydrogène; l'un d'eux, par le rôle qu'il joue, est important à connaître, et les autres semblent nous donner la clef par laquelle nous arriverons à classer les matières bitumineuses et les charbons de terre.

Les carbonates nous présenteront des observations importantes d'analogies; l'un d'eux mérite toute notre attention, à cause de son abondance dans les terrains de sédiment, un autre comme minerai de fer riche et facile à traiter.

(1) Il résulte de diverses expériences que nous avons commencées, et que les circonstances ne nous ont pas permis de finir, que les végétaux exposés à des températures comprises entre 100 et 200 degrés, sous des pressions convenables, se changent en matières tout à fait analogues au lignite, à la houille et au bitume.

Digitized by Google

Carbone, Combustibles charbonneux, et Carbures.

Diamant.

§ 201. **Caractères.** — Corps vitreux, doué d'un éclat particulier; très-dur, et rayant tous les corps sans être rayé par aucun; toujours en cristaux dont les faces sont le plus souvent arrondies. Clivages faciles, parallèlement aux faces de l'octaèdre régulier, et donnant beaucoup de fragilité à la matière; poids spécifique, 3,52. Se dépolissant facilement au feu d'oxydation; fusant au feu, aussi bien que toutes les matières charbonneuses, lorsque, réduit en poudre, il est mêlé avec du salpêtre.

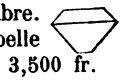
La limpidité parfaite est rare; le plus souvent elle est salie par des teintes jaunâtres ou brunâtres. Rarement aussi on trouve des couleurs bien décidées et vives. Il y a des diamants noirs et complétement opaques qui ont néanmoins un éclat extraordinaire quand ils sont polis.

Gisement. — On a trouvé au Brésil le diamant disséminé dans les roches micacées nommées itacolumite, § 126, ainsi que dans les grès supérieurs, qui y passent par toutes les nuances, où il a été même exploité pendant quelque temps. Néanmoins, depuis la découverte, on l'a recueilli dans les alluvions formées aux dépens de ces premiers dépôts, où se trouvent en même temps l'or et le platine, avec des débris de fer oligiste et magnétique, de rutil, de zircon, et divers autres silicates en cristaux roulés qui proviennent de l'itacolumite. A Bornéo on a reconnu cette substance dans des débris de serpentine où se trouve aussi de l'or et du platine. Dans l'Inde, c'est dans des espèces de grès qu'elle se rencontre; et en Sibérie elle paraît provenir des dolomies carbonifères.

Le diamant se trouve toujours disséminé en petite quantité dans ces dépôts, et presque toujours enveloppé d'une couche terreuse qui y adhère avec plus ou moins de force, et empêche de le reconnaître avant qu'il ait été lavé. Aussi procède-t-on à sa recherche par un lavage à grande eau, capable d'entraîner les parties terreuses; on enlève les cailloux grossiers, puis on cherche dans le résidu.

On ne connaît le diamant que dans un petit nombre de localités. C'est aux Indes, dans le Dekhan, et particulièrement dans les vallées du Pannar et de la Krichna qu'on l'a d'abord connu. Il existe également à l'île de Bornéo; on l'a trouvé au Brésil au commencement du XVIII^e^ siècle, et en 1829 en Sibérie.

Digitized by Google

Quantité et valeur. — La quantité de diamants fournie annuellement au commerce par le Brésil, qui depuis la découverte en a eu à peu près seul le privilége, ne s'élève pas à plus de 6 ou 7 kilog., qui ont coûté plus d'un million de frais d'exploitation ; aussi cette matière, même à l'état brut, est-elle toujours fort chère. Les diamants défectueux, reconnus pour ne pouvoir pas être taillés, se vendent déjà moyennement à raison de 156 fr. le gramme (1) (45 fois la valeur de l'or), soit pour faire la poussière de diamant, ou *égrisée*, dont on se sert pour tailler et polir les autres, soit pour garnir les outils avec lesquels on grave les pierres fines, ou enfin pour couper le verre. Les très-petits diamants, susceptibles d'être taillés, valent en lots jusqu'à 230 fr. le gramme ; mais à peine pèsent-ils chacun 50 milligrammes, que le prix augmente considérablement, et que pour les poids au-dessus la progression est très-rapide : à 1/2 gramme, un diamant brut vaut 260 à 280 fr. ; à 1 gramme, il vaut plus de 1,000 fr. On conçoit que le diamant taillé soit beaucoup plus cher ; car d'un côté il a coûté du temps et a perdu de son poids, de l'autre on a pu apercevoir alors beaucoup de défauts qui en font rejeter un grand nombre.  Un diamant taillé de 1 gramme, qui est déjà une belle pierre, et de la grosseur ci-contre, vaut à peu près 3,500 fr.

Plus les diamants sont volumineux, plus ils sont rares, et aussi plus leur prix est proportionnellement élevé. On n'en connaît que quelques-uns dont le poids soit au-dessus de 20 grammes. Les plus gros diamants connus sont :

Celui d'Agra, pesant environ.	133 grammes
Celui du radjah de Matan à Bornéo.	78
Celui de l'empereur du Mogol.	63
Celui de l'empereur de Russie.	41
Celui de l'empereur d'Autriche.	29,53
Celui du roi de France (qu'on nomme le *Régent*).	28,89

Les cinq premiers sont de mauvaise forme. Le dernier est parfait sous tous les rapports ; il pesait, avant la taille, 87 grammes, et a coûté deux années de travail ; il a été acheté dans le principe pour 2,250,000 fr., et il est estimé plus du double.

Ces beaux diamants viennent de l'Inde ou de Bornéo. Le plus gros qu'on ait trouvé au Brésil, et qui conserve la forme naturelle octaèdre,

(1) Depuis long-temps on a l'habitude dans la vente du diamant de prendre pour unité un poids, qu'on nomme *karat*, qui équivaut à 212 milligrammes.

Digitized by Google

pèse 25 gr., 52 suivant les plus fortes estimations ; il appartient au Portugal.

Dans l'Inde, on taille le diamant de manière à lui conserver tout son volume. En Europe, on sacrifie beaucoup du volume de la pierre pour enlever un défaut et se procurer une belle forme.

Les formes admises sont la *rose*, fig. 1, pour les pierres de peu d'épaisseur qu'on ne veut pas trop diminuer, et le *brillant*, fig. 2 et 3, pour les autres, qu'on monte alors à jour.

On sait combien le diamant est recherché pour la joaillerie, tant par sa rareté que par son éclat et les jeux de lumière qu'il produit, surtout aux bougies. On imite cette dernière propriété par des verres chargés d'oxyde de plomb, et qu'on désigne sous le nom de *strass ;* il en est dont la perfection est telle, que l'œil le plus habile y peut être trompé si le toucher ne vient à son secours. On recherche en général les diamants limpides ; la moindre teinte leur ôte du prix, et ce n'est qu'avec des couleurs vives, surtout le rose, le bleu et le vert, qu'il reprend sa valeur ordinaire, ou même un peu plus, à cause de la rareté.

Graphite.

§ 202. Matière gris de plomb, ou gris de fer, douée de l'éclat métallique, douce au toucher, et tachant les doigts ; rayée par tous les corps quand elle est pure ; fusant avec le salpêtre, brûlant très-difficilement au feu d'oxydation du chalumeau, ne donnant aucune matière volatile à la distillation, aucune trace d'hydrogène dans sa composition ; poids spécifique, 2,45.

Le graphite se trouve ou dans les terrains de cristallisation, ou dans les matières de sédiment qui les avoisinent. Il est quelquefois disséminé dans les premiers en petits nids ou en lamelles, mais il forme aussi dans les uns et les autres des amas et des filons. Souvent il est mélangé avec les schistes argileux, auxquels il donne une couleur noire, un éclat métalloïde, et la propriété de tacher.

Il en existe dans un grand nombre de lieux ; mais le plus beau gisement connu, tant par l'étendue du dépôt que par la pureté, l'homogénéité, la compacité de la matière, est celui de Borrodale en Cumberland. Viennent ensuite les gîtes de Passau en Bavière, où la matière est souvent aussi très-pure, mais à texture lâche et grossière.

Digitized by Google

Le graphite s'emploie principalement pour la fabrication des crayons dits de mine de plomb. Les belles variétés d'Angleterre, par suite de la compacité, de l'adhésion mutuelle des particules, sont jusqu'ici les seules qu'on puisse employer pour les crayons fins : il suffit de les diviser, au moyen d'une scie fine, en petites baguettes qu'on enchâsse ensuite dans du bois. Ces crayons simples sont rares et toujours fort chers. Tous les autres sont composés avec du graphite réduit en poudre, et mêlé avec des matières propres à l'agglutination ; il en est encore de bons quand on a employé du graphite bien pur. Les crayons les plus communs renferment des matières étrangères, et souvent du sulfure d'antimoine. Après les crayons anglais fabriqués avec la mine pure, les meilleurs sont ceux de Passau, dont quelques-uns sont faits de la même manière, mais manquent souvent de ténacité.

On emploie aussi le graphite pour adoucir le frottement des machines en bois ; on en enduit le fer pour le préserver de la rouille, et on en fait des creusets, dits *creusets de mine de plomb,* qui sont très-réfractaires.

Anthracite. — *Houille éclatante.*

§ 203. Matière noire, le plus souvent brillante, sèche au toucher, brûlant avec difficulté sous l'action du chalumeau, sans flamme ni fumée, et se couvrant d'un léger enduit de cendre blanche ; poids spécifique, 1,4.

Elle ne donne presque rien à la distillation, et les fragments ne subissent aucun changement. A la calcination en plein air, elle devient friable, sans changer de forme, et perd alors 5 à 10 pour 100 de matière volatile. Sa composition ne présente que 2 à 3 d'hydrogène et autant d'oxygène. Les cendres sont quelquefois à peu près nulles, et ne s'élèvent pas à plus de 5 à 6 pour 100.

L'anthracite, tantôt compacte, tantôt feuilletée, et quelquefois granulaire, se présente en masses et en couches dans les terrains de sédiment, mais particulièrement dans ceux qui sont rapprochés des terrains de cristallisation, ou enclavés au milieu d'eux, surtout dans des formations relativement très-anciennes. Elle appartient plus particulièrement aux terrains dévoniens, § 137, note, quoiqu'on en rencontre aussi au milieu des Alpes, dans des terrains beaucoup plus modernes. Les dépôts se composent de lits alternatifs de matières arénacées ou de matières schisteuses, et de combustibles. Les schistes renferment des débris végétaux ordinairement peu caractérisés, qui appartiennent à la famille des fougères et à celle

Digitized by Google

des équisétacés. Les gîtes les plus considérables que nous ayons sont ceux des bords de la Loire, entre Angers et Nantes, qui se prolongent dans l'Ille-et-Vilaine, et qu'on retrouve dans la Mayenne et dans la Sarthe. Il s'en trouve aussi dans les montagnes de Tarare, qui pourraient être d'une grande ressource dans cette position.

Cette matière charbonneuse peut être employée comme combustible, et produit une chaleur très-intense; mais elle est souvent difficile à allumer, et exige alors, pour la combustion, des fourneaux où il puisse passer une grande quantité d'air. On l'a employée avec succès dans les fonderies, et elle est très-avantageuse dans toutes les opérations qui exigent une haute température; mais elle ne peut souvent servir que dans les travaux en grand: car elle ne brûle qu'autant qu'elle est en grande masse, et on ne peut parvenir à en allumer une petite quantité; si même on en tire un morceau du brasier le plus ardent, il s'éteint à l'instant.

Un des grands inconvénients de l'anthracite est d'éclater souvent au feu, et de s'y briser en petits fragments qui, en se tassant les uns sur les autres, interceptent trop le passage de l'air. Il n'est plus possible alors de les faire brûler, et il faut en débarrasser le fourneau.

Houille. — *Charbon de pierre, charbon de terre.*

§ 204. **Caractères.** — Substance noire plus ou moins brillante, s'allumant et brûlant avec facilité au chalumeau, avec flamme, fumée noire et odeur bitumineuse.

Donnant à la distillation des matières bitumineuses, de l'eau, des gaz, fréquemment de l'ammoniaque, et laissant pour résidu un charbon poreux, le plus souvent brillant, où les fragments sont soudés entre eux, et qui souvent a pris plus ou moins parfaitement la forme du vase.

A la calcination en plein air pendant quelques minutes, il se dégage de 20 à 40 pour 100 de matières volatiles.

Ces combustibles sont formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, dans des proportions qui sont assez variables, avec une légère quantité d'azote. Les variétés pures de mélanges terreux ne donnent pas plus de 2 à 4 pour 100 de cendres.

Les houilles ont des propriétés très-différentes, suivant les quantités relatives d'hydrogène et d'oxygène qu'elles renferment; par là se trouvent très-bien caractérisées les diverses variétés que l'industrie a depuis long-temps distinguées, savoir :

La *houille forte* ou des *hauts-fourneaux,* qui renferme à peu près

Digitized by Google

5 pour 100 d'hydrogène et un peu moins d'oxygène, qui perd 20 à 25 pour 100 de matières volatiles par une calcination de quelques minutes à l'air libre (1), et donne un charbon dur, plutôt poreux que boursouflé, d'un éclat métalloïde. Elle est excellente pour les travaux qui demandent un feu vif et soutenu.

La *houille maréchale*, dont les fragments s'agglutinent fortement et se fondent ensemble par la combustion, renferme encore à peu près 5 d'hydrogène, mais un peu plus d'oxygène. Elle perd de 25 à 30 pour 100 par la calcination, et laisse pour résidu un charbon très-boursouflé.

La *houille des foyers, à longue flamme*, où l'augmentation de l'hydrogène est peu de chose, renferme déjà 7 à 9 pour 100 d'oxygène ; elle perd au moins 30 pour 100 à la calcination, et donne pour résidu un charbon poreux, où les fragments, quoique bien soudés, sont distincts les uns des autres. Elle convient au chauffage domestique, à la fabrication du gaz, et pour la grille dans les fourneaux qui demandent un bon coup de feu.

La *houille sèche, à longue flamme*, où l'oxygène augmente encore jusqu'à 16 et 18 pour 100, et où le carbone diminue à proportion. Elle perd au moins 40 pour 100 de matières volatiles à la calcination, et donne un charbon poreux, où les fragments restent à peu près isolés. Ces houilles, qui donnent moins de chaleur, sont bonnes pour les chaudières d'évaporation.

Si nous connaissons bien les quantités relatives de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, dans un assez grand nombre de houilles, nous ignorons encore comment ces éléments sont réunis pour en former les principes immmédiats. Il est probable que ces combustibles sont des mélanges de divers composés formés à la manière des substances organiques, dont les uns sont de simples carbures d'hydrogène qui peuvent être de diverses espèces, et les autres peut-être ces mêmes carbures oxygénés. C'est quand on pourra séparer ces diverses matières qu'on connaîtra réellement les différents combustibles charbonneux.

Gisement. — La houille appartient aux terrains de sédiment, et principalement à cette partie que sa présence a fait nommer groupe carbonifère, § 137, note, qui se compose de lits alternatifs de grès, d'argile schisteuse et de calcaire. Le combustible forme

(1) M. Regnault (*Annales des Mines*, 1837), à qui nous empruntons les données de composition, calcine la matière réduite en petits fragments pendant 7 à 8 minutes dans un creuset de platine. C'est un excellent essai pratique pour juger de la qualité de la houille.

Digitized by Google

dans le grès des couches plus ou moins puissantes, dont il existe ordinairement plusieurs les unes au-dessus des autres : il y a des localités où l'on en compte plus de soixante ainsi superposées. Les grès qui les séparent sont souvent remplis eux-mêmes de matières charbonneuses, et surtout dans le voisinage des couches ; ils passent à des matières fines schisteuses, qu'on nomme *schiste charbonneux* ou *schiste bitumineux*, dont quelques variétés sont aussi employées comme combustible, et qui produisent alors une grande quantité de cendres. L'épaisseur des couches de la houille varie considérablement, depuis quelques centimètres jusqu'à un mètre ou deux, quelquefois jusqu'à six ou sept mètres ; mais ces couches puissantes ne sont le plus souvent que des assemblages de couches minces, séparées par des lits à peine sensibles de matières étrangères toujours très-chargées de charbon.

Il y a cependant aussi de véritables houilles dans les dépôts supérieurs, et jusqu'à la fin des terrains jurassiques ; mais alors ce sont presque partout des houilles sèches, et qui ne forment pas, à beaucoup près, des dépôts aussi considérables que dans le terrain carbonifère.

Les débris organiques sont nombreux, et en général bien caractérisés, dans les dépôts de houilles, et c'est dans les matières schisteuses qu'ils se rencontrent particulièrement. Ce sont tantôt des empreintes de feuilles, tantôt des tiges de diverses espèces, le plus souvent écrasées. Le plus grand nombre de ces débris appartiennent à la famille des fougères et à des espèces de haute taille, comme on en connaît sous l'équateur ; mais il y en a beaucoup aussi de la famille des équisétacés, même des lycopodes et des aroïdres, tous de haute taille. Dans les dépôts supérieurs à la formation carbonifère, où les espèces de fougères sont généralement différentes, il s'y trouve en outre des débris de cycadés et de conifères.

Les couches de houille, du moins dans la formation carbonifère, ne sont pas planes dans toute leur étendue ; elles sont fréquemment *en forme de bateau*, c'est-à-dire qu'à partir du point le plus bas elles se relèvent plus ou moins rapidement de tous côtés, conformément aux pentes des montagnes environnantes. Souvent elles sont repliées sur elles-mêmes, en formant un nombre plus ou moins considérable de zigzags plus ou moins ouverts. Dans beaucoup de cas, il arrive que les couches les mieux réglées se trouvent tout à coup bouleversées ; combustibles et matières terreuses, tout se trouve brisé, et les fragments sont alors entremêlés de manière que l'exploitation devient impossible.

Les gîtes de houilles de cette grande formation se trouvent

Digitized by Google

indifféremment à toutes les hauteurs; on en cite à 4600 mètres, tandis que d'autres se trouvent au niveau des mers, comme en Flandre, ou même au-dessous, comme à Whitehaven en Angleterre, où l'exploitation s'avance à plus d'un quart de lieue sous la mer, et à plus de 400 mètres au-dessous de son fond dans cette localité. Ils se présentent souvent en petits bassins particuliers, isolés les uns des autres, et réunis en grand nombre sur une zone d'une certaine étendue : c'est ce qu'on voit dans le centre et dans le midi de la France. Ailleurs les différents gîtes qu'on observe semblent se rattacher plus directement les uns aux autres, et avoir fait partie d'un même tout, morcelé et disloqué de diverses manières. Telles sont les houillères du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre, qui semblent appartenir à un seul et même dépôt qui aurait couvert un espace immense.

Dans les parties supérieures des terrains de sédiment, les couches de houille sèche ne présentent pas autant d'irrégularité, et ne se trouvent ni en bassins isolés, ni en dépôts immenses. Elles forment alors des couches, ou plutôt des amas plus ou moins étendus, réguliers, entre deux couches successives du terrain.

Localités principales. — La houille est abondante dans un grand nombre de lieux; et probablement on la trouvera dans toutes les contrées dont le sol appartient aux dépôts inférieurs de sédiment, à mesure que l'industrie s'y développera. Il n'y a que les contrées dont le sol appartient aux terrains de cristallisation, ou aux dépôts de sédiment trop modernes, qui en soient pour toujours privées, et sous ce rapport une grande partie du nord de l'Europe, la Suède, la Norwége, la Russie, etc., sont dans une position très-désavantageuse; il en est de même de l'Italie.

Le centre de l'Allemagne présente une assez grande quantité de dépôts de houille exploités activement. L'Angleterre en renferme une abondance extrême, et nous en possédons en France des dépôts considérables. Les dépôts du département du Nord se rattachent à ceux de la Belgique, et se montrent depuis le Pas-de-Calais jusqu'au delà d'Aix-la-Chapelle; à la suite se trouvent les terrains houillers des duchés de Luxembourg et de Deux-Ponts, qui se prolongent peut-être dans la Moselle, et ceux du Haut-Rhin, qui sont peu considérables.

Il se trouve une quantité prodigieuse de dépôts de houilles autour du groupe granitique qui s'élève au centre de la France : dans le département de Saône-et-Loire, où on en exploite au Creusot; dans la Nièvre, où il y a des exploitations à Decize ; dans l'Allier, le long de la vallée de la Queune, où sont les mines de Noyant,

Digitized by Google

de Fins, etc., et le Puy-de-Dôme. Les dépôts se prolongent par Roanne, Montbrison, Saint-Étienne, Rive-de-Gier, dans le département de la Loire et du Rhône, puis dans l'Ardèche, le Gard, l'Hérault et l'Aude, jusqu'au pied des Pyrénées. De là on retrouve la houille, et quelquefois en quantité immense, dans le Tarn, l'Aveyron, le Lot, la Dordogne et enfin dans le Cantal.

Nous en retrouvons aussi dans les départements de la Vendée, du Finistère et de la Manche. Quelques dépôts se retrouvent dans la partie méridionale de la France, dans le département du Var.

Usages. — La houille est une des matières minérales les plus précieuses, et l'industrie lui doit la plus grande partie de ses progrès dans ces derniers temps. C'est en effet à ce combustible qu'est due la propagation des machines à vapeur, qui suppléent aux cours d'eau, dont tant de contrées se trouvent privées. Les fonderies, les usines de tout genre en font une consommation prodigieuse autour des lieux d'extraction, et dans tous ceux où elle peut arriver à bon compte. Malheureusement nous avons beaucoup à désirer relativement aux moyens de transport, qui sont souvent trop dispendieux pour diverses localités.

On augmente aussi le nombre des applications de la houille en la carbonisant, c'est-à-dire en la privant, par une distillation plus ou moins parfaite, du bitume qu'elle renferme, et d'où il résulte le charbon poreux, brillant, dur, nommé *coke*, qui produit une grande chaleur par la combustion, et qui est très-important dans une multitude d'opérations. La matière bitumineuse qu'on en retire est employée à divers usages, et très-utile dans la marine.

C'est aussi par la distillation de la houille qu'on obtient le gaz d'éclairage, qui se dégage tout formé, mais qu'il est nécessaire d'épurer avant de le livrer à la consommation. On lui fait pour cela traverser de l'eau de chaux ou des matières qui en sont imbibées.

§ 205. **Inflammation des houillères.** — Les dépôts de houilles sont sujets, dans le sein même de la terre, à s'enflammer spontanément. Il s'en fait alors ordinairement une combustion lente, parce que l'air arrive difficilement dans ces masses; mais quelquefois aussi il se fait des crevasses dans le terrain et, l'air venant à pénétrer librement, il en résulte une inflammation très-vive, qu'on a souvent beaucoup de peine à arrêter, soit en bouchant les ouvertures, soit en faisant arriver des ruisseaux pour éteindre la masse. La chaleur dégagée par ces combustions calcine toutes les matières environnantes, réduit les parties schisteuses en *tripoli* ou

Digitized by Google

bien en matières à demi vitrifiées, qu'on nomme *porcellanites*, quelquefois même en *matières scoriacées*. Il se forme fréquemment aussi des *matières alunifères*, et dans quelques points il se dégage du sel ammoniac des fissures du terrain, quelquefois en assez grande quantité pour mériter d'être récolté.

Les lignites dont nous allons parler sont sujets aux mêmes embrasements et produisent les mêmes effets.

Lignite. — *Houille maigre, bois bitumineux.*

§ 206. **Caractères.** — Matière noire ou brune, généralement moins brillante que la houille, s'allumant et brûlant facilement avec flamme, fumée noire, odeur bitumineuse.

Donnant à la distillation des matières bitumineuses et de l'eau, qui renferme assez fréquemment de l'acide acétique ; laissant un charbon brillant, compacte, qui conserve sensiblement la forme des fragments employés.

A la calcination à l'air libre, il se dégage de 50 à 70 pour 100 de matières volatiles ; et il reste un charbon assez analogue à la braise, qui conserve la forme des morceaux, et continue à brûler seul jusqu'a se réduire en cendre.

La quantité d'hydrogène est encore de 5 à 6 dans ces combustibles, mais l'oxygène va de 18 à 27. C'est avec les houilles sèches à longue flamme que les lignites ont le plus d'analogies ; mais le carbone diminuant encore, la chaleur produite est moindre. Il y a aussi des variétés où l'hydrogène augmente beaucoup ; l'oxygène diminue alors en proportion, et la matière se rapproche des bitumes. Dans ce cas elle se fond facilement, et ne laisse qu'un charbon boursouflé, très-léger, qui ne produit pas de chaleur.

Le lignite se présente quelquefois sous la forme de branches d'arbre, qui à l'intérieur offrent le tissu ligneux des plantes dicotylédones ; mais les grandes masses sont compactes ou schistoïdes, sans aucune apparence de tissu organique : la matière présente alors une certaine analogie extérieure avec la houille, dont elle diffère cependant par moins d'éclat.

Gisement. — Les débris organiques végétaux qui accompagnent les dépôts de lignite sont tout différents de ceux de la houille ; les plantes monocotylédones ont ici complétement disparu, et ce sont uniquement des débris de dicotylédones que l'on rencontre ; les impressions de feuilles, qui y sont communes, ont toutes un certain air de famille avec celles de nos arbres actuels. On trouve dans les matières terreuses environnantes des débris de coquilles analogues à celles qui vivent dans nos eaux douces.

Digitized by Google

Ces combustibles commencent à se montrer dans les couches terreuses et sableuses qui préludent à la craie, § 137, note. Mais c'est surtout au-dessus qu'ils deviennent abondants, et forment des dépôts considérables à divers étages de la série et dans toutes les contrées de la terre. Il en existe une grande quantité en France, et qui sont exploités en divers lieux. Il s'en trouve quelques indices aux environs de Paris, mais des dépôts étendus se présentent en divers points du département de l'Aisne, à Voreppe dans l'Isère, à Saint-Paulet dans l'Ardèche, à Piolen, Vaucluse, à Gardanne et Roquevaire dans les Bouches-du-Rhône, à Sisteron et Forcalquier dans les Basses-Alpes, etc.

Usages. — Ce combustible est encore très-précieux dans tous les points où il se trouve. Il donne plus de chaleur que le bois, et il peut être employé avec avantage pour chauffer et évaporer des liquides, pour la cuisson de la chaux et celle des poteries communes. Les variétés qui ne répandent pas de mauvaise odeur sont très-agréables pour le chauffage des appartements. On prétend qu'il ne peut servir dans les fonderies, même en remplacement du bois; ce qui paraît une assertion fort douteuse.

Les variétés chargées de pyrite, comme celles du département de l'Aisne, sont employées avec succès pour la préparation de l'alun et du sulfate de fer; les résidus de ces fabrications, ou les lignites mêmes, sont employés dans l'agriculture, sous le nom de *cendres rouges* et de *cendres noires;* ils ont produit des résultats très-avantageux dans les terres stériles de la Champagne et de la Thiérache.

Le *jayet*, dont on a fait pendant long-temps des bijoux de deuil, et divers objets de fantaisie, n'est que du lignite compacte. C'était surtout à Sainte-Colombe-sur-l'Hers, dans le département de l'Aude, qu'on le travaillait; il y occupait 1000 ou 1200 ouvriers. Aujourd'hui cette industrie est entièrement perdue.

Bitume. — *Asphalte, pisasphalte, poix minérale, goudron minéral.*

§ 207. **Caractères.** — On nomme *bitume* des matières solides ou visqueuses, ordinairement noires ou brunes, qui se fondent assez facilement, tantôt à la température de l'eau bouillante, ou même au-dessous, tantôt à une température plus élevée.

Certains bitumes sont insolubles dans l'alcool; les autres, partie solubles, partie insolubles. La plupart sont attaqués par l'éther ou par l'essence de térébenthine; ils laissent souvent alors pour résidu des matières charbonneuses, ou une autre matière bitumineuse inattaquable, dont le point de fusion est différent.

Digitized by Google

Soumis à la distillation, ils donnent des matières plus ou moins visqueuses, quelquefois des huiles assez limpides, qui sont des carbures d'hydrogène qu'on peut épurer et modifier par des distillations répétées. On trouve pour résidu soit une espèce de charbon brillant très-boursouflé, soit une matière bitumineuse fixe, qui est oxygénée.

Les bitumes, tels qu'ils se présentent à nous dans la nature, sont probablement des mélanges en toutes proportions de carbures d'hydrogène de diverses espèces, avec des composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, analogues aux combustibles charbonneux dont nous venons de parler. Quand ces derniers dominent, la matière se rapproche des houilles sèches et des lignites; plus ils diminuent, plus le bitume est visqueux ou liquide, plus il se rapproche des carbures d'hydrogène, qu'on prépare ou qu'on extrait dans les laboratoires.

Gisement. — Les bitumes commencent à se montrer dans les dépôts sédimentaires siluriens; mais ils se présentent ensuite dans tous les sédiments postérieurs, où ils deviennent de plus en plus abondants, et dans les dépôts qui recouvrent la craie, où ils se trouvent en très-grande quantité. Dans les parties les plus anciennes ils se présentent surtout en petits nids, ou en petits mamelons dans les filons métallifères qui traversent le terrain; plus haut ils imprègnent, en quantités plus ou moins considérables, soit les matières schisteuses du terrain houiller, soit divers dépôts analogues qui se trouvent au-dessus. Dans la formation jurassique et dans les premiers dépôts de la formation crayeuse ils se trouvent mélangés avec des calcaires en couches plus ou moins puissantes. Dans les dépôts postérieurs à la craie, ils imprègnent des matières arénacées. Souvent de l'intérieur de la terre il sort des eaux, à la surface desquelles le bitume se rassemble; le lac Asphaltite est depuis bien des siècles connu par la quantité de bitume qu'on récolte à sa surface, il en est de même des étangs bituminifères de l'île de Zante décrits par les anciens.

La France possède un assez grand nombre de dépôts bitumineux; il s'en trouve dans les tufs basaltiques en Auvergne, dans les sables tertiaires à Gabian près de Pézenas, à Lobsann et Beschelbrunn dans le Bas-Rhin, dans les dépôts crayeux inférieurs à Orthez et Caupenne près de Dax, à Seyssel près la perte du Rhône dans l'Isère, etc. Il s'en trouve de même une grande quantité en Suisse, dans différentes parties de l'Allemagne, de la Pologne, de la Russie, etc., et dans toutes les parties du monde.

Usages. — Les différentes sortes de bitumes sont employées à divers usages. Ceux qui sont naturellement huileux, plus ou moins

Digitized by Google

visqueux, comme à Beschelbrunn, et dans un grand nombre de lieux de l'Allemagne, sont employés immédiatement pour graisser les voitures, pour enduire les cordages et tous les agrès de la marine, comme le goudron végétal artificiel. On mélange les bitumes avec des calcaires en poudre, avec des sables, des graviers, pour le dallage des trottoirs, des terrasses, pour des tuyaux de conduite, des réservoirs, etc. On en imprègne des toiles pour faire des couvertures légères; on les fait entrer dans certains vernis dont on couvre le fer pour le préserver de la rouille; on s'en sert pour des peintures grossières qui sont très-solides, etc.

Les anciens Égyptiens se sont beaucoup servis du bitume du lac Asphaltite pour embaumer les corps et en faire ce qu'on appelle des *momies*, expression qui rappelle le *moum* des Persans, qui est une espèce de naphte, § 211, très-odorant et fort renommé. C'est de ce mot *momie* ou *moum* qu'est venu au bitume le nom de *baume de momie*. On nomme aussi momie une couleur brune qu'on tire de cette substance.

§ 208. **Matières résineuses.** — On peut placer à la suite des bitumes différentes matières qui sont aussi formées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, qui sont fusibles, qui brûlent avec une odeur tantôt aromatique, tantôt fétide, et qui ont plus ou moins d'analogie avec les résines.

Le succin ou *ambre jaune* est la plus remarquable et la plus répandue de ces matières. C'est une substance jaunâtre, rougeâtre ou brunâtre, tantôt transparente, tantôt opaque, qui renferme quelquefois des insectes, des débris de plantes, etc., comme les résines qui découlent de nos arbres résineux.

Plusieurs des variétés donnent à la distillation des aiguilles cristallines, qui sont de l'*acide succinique;* mais il en est d'autres qui n'en donnent pas. Il en est qui sont insolubles dans l'alcool; d'autres qui s'y dissolvent en partie. Toutes sont plus ou moins solubles dans l'éther ou dans l'essence de térébenthine.

On a nommé Rétinasphalte une matière analogue, attaquable en partie par l'alcool, et qui donne pour résidu une sorte de bitume solide.

Il y a aussi plusieurs autres matières résineuses qu'on a tantôt confondues avec le succin, tantôt distinguées dans les collections.

Toutes ces matières appartiennent à des dépôts sédimentaires assez modernes; souvent elles se trouvent avec des lignites, ou dans les matières terreuses qui les renferment.

Le succin est employé comme objet d'ornement. A diverses époques on l'a taillé en perles à facettes, dont on faisait des colliers.

Digitized by Google

Il sert à la préparation de l'acide succinique, et pour la confection de certain vernis gras, auxquels il donne beaucoup d'éclat et de solidité. Dans le Levant cette matière est encore très-estimée; on en faits des chapelets pour les musulmans, des poignées de couteaux et de poignards, des embouchures de pipes, etc. C'est surtout sur les bords de la Baltique qu'on recueille le succin; il est enlevé par les ruisseaux, et par la mer même, des terrains sableux qui s'étendent depuis Memel jusqu'à Dantzig, et on le récolte sur la côte; on cherche aussi les dépôts de lignite qui le renferment.

§ 209. **Bitume élastique.** — Nous devons mentionner aussi une matière qu'on a nommée *bitume élastique*, *caoutchouc fossile*, et qui a une certaine analogie avec ce que l'on nomme la gomme élastique ou caoutchouc. Cette matière se trouve en Angleterre dans les mines de plomb du Derbyshire, où elle est accompagnée de matière résineuse, quelquefois de bitume en globules. On l'a retrouvée dans les dépôts charbonneux de Montrelais (Loire-Inférieure), et dans diverses autres localités.

Carbures d'hydrogène divers.

§ 210. **Paraffine.** — Les carbures d'hydrogène solides sont des matières plus ou moins analogues à la cire, au blanc de baleine, aux matières grasses. Ce sont celles qu'on a nommées *cire* et *suif fossiles*, *schéirétite*, *hatchétine* et *ozokérite*. Elles se trouvent dans le voisinage de la houille ou dans la houille elle-même. On en indique en Moldavie, près de Slanik, où l'on en a extrait en assez grande quantité pour en faire des bougies; à Gresten, près de Gaming en Autriche, et en Angleterre. Toutes ces matières ont de l'analogie avec la substance nommée *paraffine*, qu'on extrait des goudrons obtenus dans la distillation des matières ligneuses. Ce serait alors un carbure formé de 86 de carbone et 14 d'hydrogène.

§ 211. **Naphte et pétrole.** — Nous ne connaissons dans le règne minéral qu'un carbure liquide : c'est le *naphte*, matière très-volatile, d'une odeur pénétrante particulière, qui par distillation peut être obtenue sous forme de liqueur jaunâtre transparente, dans laquelle on trouve encore la composition indiquée ci-dessus pour la paraffine.

Dans la nature, le naphte est toujours souillé par des matières étrangères qui le colorent en brun plus ou moins foncé, et il porte alors le nom de *pétrole* (huile de pierres). Il appartient encore à des dépôts de sédiment assez modernes, ou du moins il les traverse souvent pour arriver à la surface de la terre. En France, on

Digitized by Google

n'en connaît qu'au village de Gabian près de Pézenas ; mais il se trouve en assez grande quantité dans le duché de Parme, et sur toute la pente des Apennins, dans le Modenais ; il en existe une immense quantité sur les bords de la mer Caspienne, en Perse et en Chine.

Cette matière est utilisée pour l'éclairage dans les divers lieux où elle se trouve assez abondamment : c'est ainsi que le pétrole du village d'Amiano est employé pour l'éclairage de la ville de Parme ; en Perse le peuple ne se sert que de pétrole pour se procurer de la lumière depuis Mossul jusqu'à Bagdad. On le regarde dans toute cette contrée comme un spécifique puissant contres les douleurs rhumatismales. Quelques variétés pures, qu'on nomme *moum*, sont particulièrement recherchées comme un baume souverain pour les blessures les plus graves. Il est aussi employé comme vermifuge ; et dans le midi de la France le *pétrole* ou *huile de Gabian* a une grande renommée.

§ 212. **Grisou.** — Le gaz détonant des houillères est un carbone d'hydrogène gazeux qui se compose de 75 de carbone et de 25 d'hydrogène ; mais il est souvent mélangé avec d'autres combinaisons des mêmes principes. Il brûle tranquillement, avec une flamme jaunâtre, tant qu'il n'est pas mêlé avec l'air atmosphérique ; mais dans le cas contraire il détone avec violence. Il est moitié plus léger que l'air, et se tient dès lors à la partie supérieure des cavités souterraines. Les mineurs le désignent en général en France sous le nom de *grisou*, *brisou* ou *terrou*, et l'inflammation prend le nom de *feu grisou*.

Ce gaz est abondant à la surface de la terre. Dans certaines mines de houille, qui sont en général celles des meilleures qualités, il se dégage continuellement de la masse de combustibles ; et il y a des couches dans lesquelles il existe en si grande quantité, qu'il suffit de percer un trou pour en provoquer un jet violent, continu, que dans quelques endroits les mineurs tiennent toujours allumé pour s'en débarrasser. Il se dégage en outre dans un grand nombre de lieux de l'intérieur de la terre, tantôt par les fissures de diverses couches solides, tantôt à travers les pores des matières sableuses, ou enfin à travers l'eau des marais qui recouvrent ces terrains. Quelquefois il se dégage seul, mais souvent il est mélangé de pétrole plus ou moins épais et de bitume. Ailleurs il sort avec une grande quantité d'argile délayée par l'eau, et souvent imprégnée de sel marin ; ce qui a fait donner à ces sources le nom de *salzes*. Il y en a qui vomissent ou ont vomi une grande quantité de matières terreuses dont l'accumulation a formé des cônes,

Digitized by Google

du sommet desquels il en sort encore assez communément. On a donné alors à ces phénomènes le nom de *volcans vaseux*, *volcans de boues*. Lorsque ces jets de gaz de pétrole et de bitume se trouvent accidentellement enflammés, ils continuent à brûler pendant plus ou moins de temps, jusqu'à ce que de grandes averses, de grands coups de vent, viennent les éteindre. Il en résulte ce qu'on nomme les *feux naturels*, les *fontaines ardentes*, etc. La chaleur est assez forte pour calciner le terrain, et il en résulte en diverses localités de grands espaces arides, privés de toute végétation. Il y a de ces feux qui brûlent depuis les temps les plus anciens; tels sont ceux du Mont-Chimère, sur les côtes de l'Asie mineure, cités par Pline, et reconnus de nouveau en 1811, par le capitaine Beaufort. Le plus souvent c'est par les fentes de la terre que le gaz et les flammes s'échappent; mais quelquefois il en sort par l'orifice des cavernes, comme auprès de Cumana, où M. de Humboldt a vu parfois les flammes s'élever à plus de trente mètres.

Ces sources d'hydrogène carboné sont assez communes à la surface du globe; il en existe un grand nombre au pied des Apennins, dans le Parmesan, le Modenais, le Boulonnais. C'est là que se trouvent les feux de Velleja, de Pietra-Mala, de Barigazzo, etc., qui sont les plus connus, et un grand nombre de salzes plus ou moins puissantes. Il existe aussi des salzes considérables en Sicile, entre Arragona et Girgenti, au lieu nommé *Maccaluba;* mais c'est surtout autour de la mer Caspienne, particulièrement près de Bakou, que les phénomènes se présentent en grand, et on les cite également sur une grande échelle dans l'Indoustan: il suffit, dans ces localités, de percer un trou d'un mètre ou deux de profondeur pour se procurer des jets de gaz.

Les lieux de l'Asie où se dégagent ainsi des matières inflammables ou enflammées, ont été en grande vénération parmi les adorateurs du feu, et le sont encore pour un petit nombre de *Parsis* ou *Guèbres* dont quelques-uns se sont établis pour cela autour de Bakou, lieu saint, d'où ils expédient du gaz en bouteille à leurs coreligionnaires de la Perse et de l'Indoustan. Généralement on utilise ces feux naturels pour la cuisson de la chaux, des briques, des poteries, pour l'évaporation des liquides. Dans quelques contrées le peuple les emploie pour faire cuire ses aliments, et souvent il provoque le dégagement du gaz, qu'il enflamme ensuite, par des trous plus ou moins profonds.

Lampe de sûreté. — L'inflammation de l'hydrogène carboné mélangé d'air atmosphérique, dans l'intérieur des mines, produisant des explosions excessivement dangereuses pour les ouvriers,

Digitized by Google

il est de la plus haute importance de se débarrasser de cette matière, ce à quoi on parvient en partie par un bon système d'aérage. Cependant il s'en accumule toujours dans certaines parties moins aérées que les autres, et il ne faut y pénétrer avec des lumières qu'en prenant les plus grandes précautions. Davy, célèbre chimiste anglais, est parvenu, après de savantes recherches, à construire une lampe capable de préserver de tout accident, et qu'on nomme *lampe de sûreté*. C'est une lampe à l'huile, dont la flamme est entourée de tous côtés par une toile métallique en laiton ou en fer. Davy a fait voir qu'en enflammant un mélange détonant enfermé dans une telle enveloppe, la flamme ne pouvait se communiquer au dehors; par conséquent un tel appareil peut être porté dans les mines les plus infectées de grisou sans craindre aucun accident.

Ce savant, à la suite de nouvelles recherches, a ajouté un perfectionnement important, en mettant une spirale de platine à 4 ou 5 centimètres au-dessus de la mèche. Ce métal, échauffé, a la propriété de devenir incandescent dans des mélanges détonants formés en certaines proportions; de sorte que quand on arrive avec une telle lampe dans un endroit où le gaz est assez abondant pour l'éteindre, le fil devient tout à coup lumineux, et répand assez de lumière pour permettre à l'ouvrier de se retirer. Il y a plus, lorsque le mineur est revenu dans une partie où le gaz et l'air atmosphérique se trouvent en proportions convenables, le fil incandescent détermine une inflammation dans l'intérieur de la lampe, et le gaz enflammé rallume la mèche.

Bois altérés et tourbes.

§ 213. **Bois altéré.** — Outre le lignite proprement dit, où l'on observe des caractères qui se rapprochent de ceux de la houille, on trouve fréquemment des bois qui conservent tout le tissu ligneux, qui s'allument et brûlent comme les bois ordinaires, avec dégagement d'une fumée piquante qui fatigue les yeux, ayant quelquefois une odeur bitumineuse ou une odeur fétide, plus rarement une odeur balsamique.

Ces bois se trouvent quelquefois dans le même gisement que le lignite, mais le plus souvent ils forment des dépôts particuliers dans les terrains les plus modernes, et constituent ce qu'on a appelé des *forêts sous-marines;* on les a quelquefois employés pour la charpente comme le bois ordinaire, ou bien comme combustibles.

La *terre de Cologne* est une autre altération des bois enfouis dans le sein de la terre; elle est à l'état terreux, et se réduit facilement en

Digitized by Google

poudre par le desséchement; elle brûle sans flamme comme le bois pourri, et sans fumée. C'est encore une matière importante comme combustible dans les environs de Cologne, où elle forme des dépôts considérables de 12 à 13 mètres d'épaisseur, étendus sur plusieurs lieues, et dans lesquels on reconnaît à la fois des plantes monocotylédones et dicotylédones. On l'exploite activement et on la moule, après l'avoir humectée, pour la transporter plus facilement. Il s'en fait une grande consommation dans le pays. Les cendres qui en proviennent sont recherchées pour l'agriculture; on les transporte jusqu'en Hollande, et sur les exploitations on brûle même le combustible tout exprès pour cet objet.

§ 214. **Tourbe.** — On nomme *tourbe* une matière brune, plus ou moins foncée, qui se forme sous les eaux par l'accumulation et l'altération de diverses plantes. Elle est homogène et compacte dans les parties inférieures du dépôt, grossière et remplie de débris visibles d'herbes sèches dans les parties supérieures. Elle brûle facilement, avec ou sans flamme, en donnant une odeur particulière.

A la distillation, il s'en dégage de l'eau chargée d'acide acétique, une matière huileuse, et des gaz.

La tourbe est formée par l'accumulation des plantes aquatiques, et particulièrement par les sphaignes et les conferves, qui sont toujours submergées; il s'en fait encore journellement dans nos marais. Cette matière couvre quelquefois des espaces immenses dans les parties basses de nos continents, remplissant les bas fonds des larges vallées dont la pente peu considérable empêche l'écoulement des eaux. Souvent ces dépôts sont encore couverts d'eau, mais dans divers lieux ils sont à sec; et il s'est formé au-dessus d'eux des couches de sable et de limon, qui ont suffi pour donner naissance à de belles prairies.

Les plus grandes tourbières de France sont celles de la vallée de la Somme, entre Amiens et Abbeville. Il y en a aussi de considérables dans les environs de Beauvais, dans la vallée de Lourcq, dans les environs de Dieuze. Il y en a en exploitation dans la vallée d'Essone, près de Paris. La plupart des belles prairies de la Normandie sont sur la tourbe. La Hollande, qui n'a pas d'autre combustible, en renferme une grande quantité, ainsi que la Westphalie, le Hanovre, la Prusse et la Silésie.

La tourbe est encore un combustible précieux dans toutes les contrées où elle se trouve, et elle y est exploitée avec activité. On l'emploie à tous les usages auxquels le bois lui-même pourrait servir. On la carbonise aussi dans des fourneaux construits à cet

Digitized by Google

effet; et elle produit un charbon plus durable que le charbon de bois, qui sert, souvent avec avantage, à tous les usages auxquels celui-ci peut être employé.

Acide Carbonique.

§ 215. Corps gazeux, incolore, inodore, non inflammable, soluble dans l'eau, à laquelle il communique une saveur aigrelette, la propriété de mousser, et celle de précipiter par l'eau de chaux.

Ce gaz se trouve à l'état libre au fond des puits, dans les mines abandonnées, dans l'intérieur de quelques cavernes naturelles, telles que les *Estouffis* des environs de Clermont en Auvergne, la grotte d'Aubenas dans l'Ardèche, la moufette de Pérault près de Montpellier, la grotte du Chien près de Naples, plusieurs des *molfete* de la Campanie, les cavernes de Bolzena dans les États-Romains, l'antre de Typhon en Silicie, etc. C'est du sol de ces cavernes que le gaz s'échappe ordinairement; et il suffit d'y remuer la terre pour qu'il s'en dégage, souvent en quantité prodigieuse : c'est ce qui arrive fréquemment autour de Clermont en Auvergne, lorsqu'on creuse dans les masses de pouzolanes que les anciens volcans y ont accumulées. Il s'en dégage souvent en quantité immense des cratères volcaniques éteints, comme au volcan de Pasto dans la contrée de Quito, ou dans les anciennes solfatares, comme à Java, dans la vallée du Poison ou *Guevo Upas*, où tout être vivant est immédiatement asphyxié.

Le gaz acide carbonique est fréquemment dissous dans les eaux, et en quantité beaucoup plus grande que ne le comporte la pression ordinaire de l'atmosphère. Il en résulte les *eaux minérales gazeuses* qu'on trouve dans un grand nombre de lieux, et parmi lesquelles la plus connue est l'*eau de Seltz* ou *Selten*, dans la Prusse-Rhénane, qui est aussi la plus forte, et la plus simple sous le rapport des autres matières tenues en solution. Non-seulement il y a des eaux froides chargées de cet acide, mais encore beaucoup d'eaux chaudes; comme celles de Vichy et du mont Dore en Auvergne, de Vals dans l'Ardèche, qui ont jusqu'à 55°; de Wisbaden, près de Mayence, qui vont jusqu'à 68°, etc.

Carbonates.

§ 216. **Caractères généraux.** — Les carbonates sont faciles à reconnaître en ce qu'ils font toujours effervescence avec l'acide azotique, soit à froid, soit à chaud.

Digitized by Google

A l'exception de trois espèces, tous ces corps sont des bicarbonates; c'est-à-dire que l'acide renferme deux fois l'oxygène de la base; les uns sont simples, les autres composés de diverses manières; il en est qui sont anhydres, d'autres hydratés, ou hydratifères.

Les carbonates anhydres, tous de même formule, se partagent en deux groupes à chacun desquels se rattachent des carbonates doubles ou sulfatifères. Les uns appartiennent au système rhomboédrique, les autres au système prismatique droit rectangulaire; mais à la tête de chacune de ces divisions se trouve le carbonate de chaux, qui présente les deux formes et semble indiquer qu'il y a là un exemple en grand de dimorphisme.

Les *carbonates rhomboédriques* cristallisés ont entre eux les plus grands rapports par tous les caractères extérieurs; et tellement, que pendant long-temps la plupart ont été confondus en une seule espèce. L'analogie se soutient jusque dans les variétés de structures; en sorte que les carbonates de chaux, de fer, de manganèse, etc., qui n'ont point été altérés, ne peuvent en aucune manière se distinguer à l'œil. Tous ces carbonates sont susceptibles de clivages, et donnent pour résultats des rhomboèdres fort rapprochés les uns des autres; savoir :

Diallogite. Rhomboèdre de.	103°		et 77°	!
Calcaire	105°	5'	et 74°	55'
Dolomie (1).	106°	15'	et 73°	45'
Sidérose.	107°		et 73°	
Giobertite.	107°	25'	et 72°	35'
Smithsonite	107°	40'	et 72°	20'

Les *carbonates prismatiques* présentent des circonstances analogues. Aucun de ceux que nous connaissons n'est susceptible de clivage, mais dans toute leur manière d'être ils ont la plus grande analogie, soit sous le rapport des groupements, § 48, soit sous le rapport des cristaux, qui peuvent tous être rapportés à des prismes rhomboïdaux très-rapprochés; savoir :

Arragonite. Prisme rhomboïdal de.	116°	5'	et 63°	55'
Céruse	117°		et 63°	
Strontianite.	117°	32'	et 62°	28'
Withérite.	118°	57'	et 61°	3'

(1) L'angle de la dolomie est précisément la moyenne entre l'angle de 105° 5' du carbonate de chaux et 107° 25' du carbonate de magnésie; or la dolomie est formée de 1 atome de l'un et 1 atome de l'autre. Cette moyenne, proportionnelle aux nombres atomiques, se soutient dans toutes les réunions cristallines de plusieurs corps que j'ai pu examiner.

Digitized by Google

De tous les carbonates, il n'y en a qu'un petit nombre qui puissent nous intéresser spécialement : ce sont, d'un côté, ceux qui sont abondants à la surface du globe; de l'autre, ceux qui sont importants comme minerais métalliques ou comme matières éminemment utiles dans certaines industries. Tous les autres sont des substances accidentelles des gîtes métallifères dont il suffit en quelque sorte de connaître l'existence.

Calcaire. — *Chaux carbonatée, spath d'Islande.*

§ 217. **Caractères.** — Corps donnant de la chaux vive par calcination, sans gonflement ni crépitation; soluble avec une vive effervescence dans l'acide azotique; solution précipitant abondamment par l'oxalate d'ammoniaque, peu ou point par les autres réactifs.

Poids spécifique, 2,72. Réfraction double, à un seul axe répulsif. Dureté peu considérable, la matière se rayant très-facilement par une pointe d'acier.

Cette substance est une des plus remarquables sous le rapport de la cristallisation. Elle réalise à elle seule tout ce que peut offrir le système rhomboédrique, § 24 à 26, 40; des rhomboèdres de toute espèce, depuis les plus obtus jusqu'aux plus aigus; des scalénoèdres de tous les genres de dérivation, obtus ou aigus; des dodécaèdres à triangles isocèles, et des prismes à bases d'hexagones réguliers. Tous ces genres de formes sont modifiés de toutes les manières, et réunis les uns avec les autres sous toutes les combinaisons imaginables. Il s'y trouve aussi des groupes de toute espèce de cristaux deux à deux, § 49, de rhomboèdres, de dodécaèdres et de leurs combinaisons.

Très-abondant à la surface du globe, le carbonate de chaux ne présente pas des formes accidentelles moins variées que les formes régulières. Tous les genres d'oblitération des cristaux, tous les groupements irréguliers, les stalactites et stalagmites, ou les configurations panniformes, les concrétions pisiformes, les rognons, les incrustations sur des plantes, sur toute espèce de corps, ou dans les aqueducs; les pseudomorphoses de bois, de coquilles et de madrépores; les polyèdres par retrait; tout enfin se trouve dans cette substance, qui à elle seule offre en quelque sorte tous les exemples de modification de la matière par les circonstances extérieures: § 50 à 62.

Sa structure est également très-variée, et l'on trouve le calcaire en masses laminaires susceptibles de se cliver en plaques plus ou

Digitized by Google

moins épaisses; en masses lamellaires, à grandes ou à petites lames, bacillaires, fibreuses, compactes ou terreuses. Les variétés en grands dépôts renferment souvent des matières étrangères, tantôt plus ou moins cristallines, tantôt terreuses, disséminées par paquets, ou répandues uniformément dans toute la masse, et lui donnant des couleurs de toute espèce. Les variétés mélangées d'argile se nomment *marnes*, et on les distingue en *marne calcaire*, où le mélange est peu considérable, et en *marne argileuse*, où au contraire la matière étrangère est en grande quantité.

§ 218. **Gisement.** — Le calcaire est la matière la plus répandue à la surface du globe, et celle qui constitue la plus grande partie de nos continents. Appartenant essentiellement aux formations sédimentaires, cette substance se trouve en dépôts immenses à tous les étages de la série, depuis les dépôts siluriens jusqu'aux formations les plus récentes, § 137, note; tantôt composant des couches plus ou moins puissantes qui alternent avec des dépôts divers, arénacés ou argileux, tantôt constituant à elle seule des montagnes et même des chaînes entières. Quelques-uns de ces grands dépôts se distinguent par le mode d'agrégation de leurs particules, les uns ayant une structure compacte, les autres étant terreux et plus ou moins grossiers. Tous sont remplis de débris organiques dont la nature varie considérablement des plus anciens aux plus modernes, et qui fournissent des caractères importants pour les distinguer les uns des autres, même dans les collections (voyez la Géologie).

Dans les formations inférieures on trouve, en général, des calcaires compactes, le plus souvent de couleur sombre; plus haut les teintes deviennent plus claires, et le plus souvent la texture est moins serrée, l'aspect généralement plus grossier. Dans les formations jurassiques, les parties compactes alternent avec des dépôts oolitiques plus ou moins développés. Dans la formation de craie, les matières, ordinairement terreuses, présentent plusieurs divisions qu'on distingue en *craie blanche*, qui est la plus pure; en *craie tufau*, qui offre quelquefois assez de solidité pour servir de pierre à bâtir; et en *craie chloritée*, remarquable par la quantité de petits grains verts qui s'y trouvent mélangés. Au-dessus, les dépôts plus ou moins consistants deviennent tout à fait grossiers, à texture lâche, et souvent mêlés de sable dans la plus grande partie de leur étendue.

Les débris organiques, dont le plus grand nombre ont appartenu aux mollusques, présentent le plus souvent des formes complétement étrangères à celles des êtres qui vivent aujourd'hui. Ce n'est

Digitized by Google

qu'après la craie qu'ils se rapprochent de ceux de notre époque, avec lesquels ils deviennent même tout à fait identiques dans les couches les plus modernes. Les genres ou les espèces de débris organiques, qu'on trouve dans ces dépôts, varient le plus souvent de l'un à l'autre; c'est-à-dire que ceux qui existaient à une certaine époque ont disparu à la suivante, ont fait place à d'autres qui disparaissent à leur tour. La plupart sont des débris marins, souvent accumulés par milliers, et composant à eux seuls des dépôts immenses; mais il y en a beaucoup aussi des eaux douces, qui sont ordinairement disséminés dans une pâte calcaire, tantôt compacte, tantôt terreuse. Ceux-ci se montrent déjà dans les terrains houillers, mais ils ne deviennent abondants qu'après la formation jurassique, et surtout après la craie, dans ce qu'on nomme les terrains tertiaires.

Un fait important à remarquer, c'est que quand les divers dépôts calcaires dont nous venons de donner une idée générale se trouvent rapprochés des produits de cristallisation, et surtout entremêlés avec eux, ils prennent des caractères entièrement différents de ceux qu'ils offrent partout ailleurs. Les débris organiques se trouvent souvent alors entièrement détruits; l'état compacte ou même terreux fait place à divers états plus ou moins cristallins, lamellaires ou saccharoïdes, en même temps que les argiles et les grès qui séparent ailleurs les diverses couches deviennent des schistes argileux, des micaschistes, des quarz schisteux, etc. Les teintes sombres ou pâles sont remplacées par des teintes vives, tantôt uniformes, tantôt entremêlées. Des matières nouvelles s'introduisent dans la masse par veines, par paquets ou disséminées, etc., toutes circonstances du plus haut intérêt pour la géologie, et sur lesquelles nous devrons revenir plus tard.

Tufs calcaires. — Indépendamment des dépôts continus qui, se succédant d'âge en âge, ont formé les dépôts sédimentaires, le calcaire se trouve çà et là en dépôts adventifs plus ou moins considérables, qui ont été produits par des sources, et dont quelques-uns s'accroissent encore de nos jours. Ce sont les *tufs calcaires*, qu'on trouve en un grand nombre de lieux différents, et qui ont formé quelquefois des dépôts immenses. Ils renferment presque toujours des débris organiques, particulièrement des végétaux qui vivent dans les environs, et quelquefois des coquilles fluviatiles et terrestres.

C'est dans des eaux calcarifères que se forment les pisolites, § 55, et par les infiltrations que sont produites les stalactites qui encombrent souvent les cavités souterraines, ou grottes, des pays calcaires, dont quelques-unes ont une grande célébrité . telles

Digitized by Google

sont la grotte d'Antiparos dans l'archipel Grec, la grotte d'Auxelle en Franche-Comté, celle de Pool's Hole en Derbyshire, etc.

§ 219. **Situation géographique.** — Toutes les contrées de la terre offrent des dépôts plus ou moins considérables des diverses sortes de calcaires. La plus grande partie du sol de la France en est formée. Les dépôts tertiaires, comprenant des calcaires grossiers marins et des calcaires fluviatiles, couvrent ce qu'on appelait l'Ile-de-France et l'Orléanais, ainsi que la Touraine, la Guienne et la Gascogne, jusqu'au pied des Pyrénées. Beaucoup de calcaires fluviatiles se retrouvent en outre, par lambeaux, dans l'Auvergne, dans le Cantal, dans le Languedoc et la Provence.

La craie qui entoure le grand dépôt parisien se prolonge dans la Champagne, la Picardie, l'Artois; constitue toutes le falaises depuis Calais jusqu'à Honfleur, et se retrouve également sur les côtes d'Angleterre. Elle se continue dans le Maine, la Touraine, une partie du Berri, du Poitou; se retrouve dans l'Angoumois, la Saintonge et la partie méridionale du Périgord.

Les autres calcaires, et plus particulièrement ceux de la formation jurassique, qui couvrent la Franche-comté et la Bourgogne, constituent la plus grande partie du reste de la France, où ils sont limités par les terrains cristallins des Ardennes, des Vosges, des Alpes, du Dauphiné, des Pyrénées, de la Bretagne; ils entourent de tous côtés le groupe cristallin qui constitue le Limousin, l'Auvergne, le Lyonnais et une partie du Languedoc.

C'est dans le Dauphiné et tout autour des Alpes, ainsi que dans les Pyrénées, que se trouvent surtout les dépôts modifiés plus ou moins profondément par la présence des terrains cristallins.

§ 220. **Usages. Pierre à bâtir.** — Le calcaire est une matière d'un usage journalier. D'abord, comme pierre à bâtir, il présente le grand avantage de se laisser tailler facilement et de conserver néanmoins les arêtes, les moulures et les ornements les plus délicats. Cependant il y a beaucoup de choix à faire : la craie est le plus souvent trop tendre; les variétés lamellaires, simples ou micacées, résistent peu à la charge; beaucoup de calcaires compactes sont secs, suivant le terme reçu, et d'ailleurs sont fréquemment remplis de fissures qui leur ôtent beaucoup de solidité. Les variétés qui conviennent le mieux sont celles qui sont compactes, à cassure inégale, plate ou irrégulière, qui sont mates et souvent ont quelque chose de terreux. On en trouve d'excellentes sous ce rapport dans les formations analogues à celles de Paris et dans les dépôts jurassiques : ce sont ces formations qui ont fourni des matériaux à la plupart des monuments du monde civilisé. On em-

Digitized by Google

ploie quelquefois aussi les tufs calcaires, et à cet égard on peut citer surtout ceux des États romains, connus sous le nom de *travertins*, employés dans une grande partie de l'Italie, et dont, en cette contrée, tous les monuments antiques, aussi bien que la plupart des monuments modernes, se trouvent formés.

Pierres gelives. — Il y a un choix important à faire dans les pierres à bâtir. Il en est qui ne peuvent rester exposées aux intempéries de l'air sans se désagréger plus ou moins promptement et tomber en fragments ou en poussière : ce sont surtout les variétés susceptibles de s'imbiber lentement d'eau que les gelées viennent surprendre avant qu'elle ait pu s'évaporer et qui, augmentant alors de volume en se consolidant, fait éclater la pierre à la surface. Ces variétés se nomment *pierres gelives*, et l'on conçoit qu'il faut en éviter soigneusement l'emploi.

On a proposé pour connaître d'avance si une pierre est gelive ou non, d'en plonger un morceau dans une solution saline et de le retirer après l'imbibition. Le sel, en cristallisant dans l'intérieur et augmentant alors de volume, produit l'effet de la congélation de l'eau ; et si la pierre résiste à l'épreuve, on doit être certain qu'elle résistera de même aux intempéries de l'air.

Cet essai, décisif pour faire un excellent choix, a cependant l'inconvénient de faire rejeter quelquefois de très-bonne pierre à bâtir, parce qu'il n'y a pas parité entre une solution saline qui laisse nécessairement un corps dans la pierre, et l'eau pure qui s'évapore sans rien laisser derrière elle. Certaines pierres poreuses ne résistent pas à l'épreuve que nous venons d'indiquer, et cependant ne se désagrégent jamais à l'air, parce que l'eau dont elles se sont imbibées se dégage aussi rapidement qu'elle peut pénétrer.

Chaux et mortiers. — La calcination du calcaire produit la *chaux;* autre matière très-importante pour la bâtisse, et qui forme les *mortiers*. Mais il faut encore distinguer soigneusement les variétés sous ce rapport : les calcaires les plus purs produisent ce qu'on appelle la *chaux grasse*, qui prend beaucoup d'eau à l'extinction, supporte une grande quantité de sable, et fournit par suite beaucoup de mortier ; mais cette chaux est très-long-temps à se durcir à l'air, n'y prend jamais même une grande consistance, et ne durcit pas dans les endroits humides. Les calcaires mélangés de silicates alumineux, et principalement de silicates hydratés, produisent au contraire la *chaux maigre* ou la *chaux hydraulique*. La chaux maigre est moins productive que la chaux grasse, en ce qu'elle absorbe beaucoup moins d'eau et supporte peu de sable ;

Digitized by Google

mais elle a l'avantage immense de durcir promptement à l'air et même dans les endroits humides : c'est celle qu'on doit employer lorsqu'on tient à la solidité plutôt qu'à l'économie. La chaux hydraulique non-seulement durcit dans les endroits humides, mais même sous l'eau ; circonstance qui la rend indispensable pour toutes les constructions hydrauliques, où les mortiers de chaux grasse se délayeraient complétement.

On ne trouve pas partout des calcaires capables de produire de la chaux maigre ou de la chaux hydraulique ; mais on parvient à en faire artificiellement lorsqu'on peut se procurer de la craie ou des marnes calcaires susceptibles de se délayer à l'eau. On les réduit en bouillie épaisse, qu'on mélange avec des silicates alumineux réduits en poudre fine, tels que des laitiers de forges et de verreries, des matières scoriacées volcaniques, des briques ou des poteries pilées, etc.; on fait alors des pains qu'on laisse sécher, et que l'on cuit ensuite comme le calcaire lui-même. Lorsqu'on n'a pas de calcaire délayable, on peut employer la chaux ordinaire de la localité qu'on laisse éteindre à l'air ; on en mêle ensuite la poussière avec des silicates argileux, on fait une pâte du tout avec un peu d'eau, et on forme comme précédemment des pains qu'on laisse sécher pour les recuire de nouveau. Ce procédé a l'inconvénient de la cherté à cause de la double cuisson.

Marbres. — On nomme *marbres* les variétés de calcaire à grains fins susceptibles de poli, et qui, par leur blancheur, ou par leurs couleurs plus ou moins vives, peuvent être employées à la décoration des édifices ou dans l'ameublement (1). Il en existe en quelque sorte partout, et principalement depuis les dépôts jurassiques jusqu'aux calcaires siluriens ; c'est dans les parties de ces dépôts qui avoisinent les terrains de cristallisation que se trouvent en général les variétés les plus riches en couleurs et les plus agréablement nuancées de veines.

On distingue de nombreuses variétés de marbre, à chacune desquelles on donne un nom particulier; et il suffit souvent aux marbriers du moindre accident pour imposer un nom à quelques plaques débitées dans le même bloc que beaucoup d'autres. Les plus beaux marbres se nomment *marbres antiques*, expression qui, dans le principe, indiquait des marbres dont les carrières étaient perdues, et qu'on tirait des anciens monuments, mais qui, dans l'état actuel, s'applique aux variétés choisies parmi celles qu'on exploite

(1) Les matières qu'on nomme quelquefois des *marbres durs* sont ou des granites ou des porphyres, dont la nature est tout à fait différente.

Digitized by Google

journellement. Cet amour d'antiquité a fait souvent ramener à grands frais d'Italie des marbres que les Romains y avaient transportés de France, et dont les carrières sont encore connues. Parmi les nombreuses variétés de marbre qu'on a établies, il faut principalement distinguer les suivantes :

1° Les *marbres simples*, qui, pour être beaux, doivent être exactement unicolores et de couleurs nettement décidées. Ce sont les *marbres blancs* statuaires qui nous viennent aujourd'hui de Carrare, sur la côte de Gênes; les *marbres noirs* de Dinan, de Namur, etc.; les *marbres rouges*, parmi lesquels on distingue surtout la *griotte d'Italie*, exploités près de Narbonne en Languedoc; les *marbres jaunes*, qu'on nomme jaune antique ou jaune de Sienne, etc.

2° Les *marbres simples veinés*, dont il existe beaucoup de variétés de tous les fonds de couleur. Les dépôts calcaires de la Flandre sont depuis long-temps en possession de nous en fournir un grand nombre, qu'on nomme *marbres de Flandre* et qu'on emploie très-fréquemment à Paris. Un des plus communs est le *Sainte-Anne* à fond gris et veines blanches; mais il en existe de beaucoup plus agréables à fond brun et rouge, à fond bleuâtre, etc. Parmi les belles variétés qui proviennent de différents lieux, on distingue le *grand antique* à fond noir et veines blanches nettement tranchées; le *portor*, à fond noir et veines jaunes; le *bleu turquin* à fond bleuâtre et veines plus foncées, dont le plus beau provient de Carrare; le *languedoc*, qui vient de Narbonne, à fond rouge et grandes veines, qu'on emploie pour les décorations monumentales, etc.

3° Les *marbres brèches* qui ne sont souvent que des variétés de marbres veinés, dans lesquelles les veines coupent la masse de manière qu'elle semble composée de fragments réunis. Les plus renommés sont : le *grand deuil* et le *petit deuil*, qui offrent des éclats blancs sur un fond noir, et qu'on tire de l'Ariége, de l'Aude et des Basses-Pyrénées; la *brèche d'Aix*, ou *brèche de Tolonet*, à grands fragments jaunes et violets réunis par des veines noires, qu'on exploite à Aix en Provence; la *brèche violette*, à fond violet avec grands éclats blancs, un des marbres les plus riches, qui provient de la côte de Gênes, mais dont les carrières sont depuis long-temps épuisées.

4° Les *marbres composés*, qui proviennent généralement des lieux où les dépôts de sédiment sont enclavés dans les terrains de cristallisation. Ces marbres renferment des matières étrangères distribuées par feuillets, par paquets, ou disséminées. On distingue

Digitized by Google

principalement les *marbres cypolin* de la côte de Gênes, qui renferment du mica verdâtre disséminé dans une pâte blanchâtre et saccharoïde; les *marbres campan* dans les Pyrénées, qui renferment des feuillets ondulés de matières analogues de diverses couleurs dans des pâtes de calcaire compactes de diverses teintes. Enfin, les diverses variétés de *vert antique* qui sont des marbres saccharoïdes, blancs ou verdâtres, mélangés de diallage et de serpentine (voyez ces mots dans les silicates) de couleur verte. Certaines variétés offrent des marbres de la plus grande beauté pour la décoration des édifices, et qui proviennent en général de la côte de Gênes.

5° Les *marbres lumachelles*, qui renferment des coquilles, des madrépores, etc. On distingue surtout des variétés à fond noir sur lequel se dessinent des taches de calcaire blanc, dont chacune est une coquille; on en tire de la Flandre et des environs de Narbonne. Le *petit granit*, ou marbre des Écaussines, près de Mons, qui couvre la plupart des meubles, et qui est rempli d'encrinites, en est un exemple commun.

Albâtres. — Nous avons déjà parlé, § 178, des albâtres calcaires. Ils proviennent des dépôts de stalactites et stalagmites qui remplissent les carrières des pays calcaires. On recherche surtout ceux qui sont d'un blanc légèrement jaunâtre, d'une belle demi-transparence avec des veines d'un blanc laiteux; c'est là l'albâtre oriental ou albâtre antique. Viennent ensuite les variétés jaunâtres, présentant des zones de diverses teintes qui ne tranchent pas trop sur la masse; c'est ce qu'on nomme *albâtre veiné*, *marbre onix*, *marbre agathe*, employés pour des revêtissements de chapelle, des objets de grand luxe monumental.

Pierres lithographiques; marnes. — Parlons d'applications plus humbles. La pierre lithographique est un calcaire compacte à grain fin et serré, capable de se laisser imbiber légèrement d'eau et qui est fourni principalement par les dépôts jurassiques. Les pierres les plus renommées sont celles de Pappenheim, sur les bords du Danube, en Bavière; mais on en tire aussi de France, particulièrement de Châteauroux (Indre), de Belley (Ain), de Dijon, de Périgueux, etc,

Dans l'agriculture, les marnes qui ont la propriété de se diviser facilement à l'air et de tomber en poussière, nous offrent des amendements extrêmement précieux, qu'il faut choisir suivant la nature du terrain : les marnes calcaires pour les terrains naturellement trop forts, et les marnes argileuses pour les terrains trop meubles. Il y a des marnes dans toutes les formations, mais particulièrement

Digitized by Google

depuis les dépôts tertiaires jusqu'au calcaire conchylien; au-dessous, ce sont plutôt des argiles que des marnes.

Arragonite.

§ 221. L'arragonite est chimiquement le même carbonate de chaux que celui dont nous venons de parler, mais cristallisé dans le système prismatique rectangulaire non susceptible de clivage. Cette matière est alors à cassure vitreuse très-brillante; sa dureté est assez grande pour rayer fortement le calcaire. Au feu, l'arragonite cristallisée se délite et tombe en poussière; mais cette propriété diminue dans les variétés à fibres fines agglomérées, et disparaît complétement à mesure que les traces de cristallisation s'effacent : on retombe alors sur le calcaire ordinaire.

L'arragonite, qu'on trouve assez souvent en cristaux réguliers prismatiques à bases rhombes, diversement modifiées, se présente plus fréquemment encore en cristaux groupés, comme ceux que nous avons indiqués fig. 255 à 262. C'est cette substance que l'on trouve le plus souvent sous la forme coralloïde, fig. 328; on la rencontre aussi en petites masses bacillaires, fibreuses, qui offrent des passages à l'état compacte et même terreux, où dès-lors ce n'est plus que du carbonate de chaux ordinaire.

Cette substance se trouve principalement dans les gîtes de minerais de fer, dans les fentes des dépôts basaltiques et des roches serpentineuses, et en cristaux groupés dans les argiles gypseuses des dépôts salifères. Certains tufs calcaires, ceux de Vichy, par exemple, sont entièrement à l'état d'arragonite.

Dolomie.

§ 222. La dolomie a les plus grandes analogies avec le calcaire; seulement le rhomboèdre de clivage est plus obtus, § 216. Le caractère distinctif le plus apparent est la lenteur de l'effervescence avec l'acide azotique, ce qu'elle a de commun avec la giobertite et la sidérose. La solution précipite d'abord abondamment à chaud par l'oxalate d'ammoniaque, puis elle se trouble de nouveau en refroidissant et produit encore un précipité abondant. Le poids spécifique est 2,86 dans les variétés les plus pures.

Cette substance se trouve assez fréquemment en cristaux rhomboèdres semblables à celui du clivage, qui sont toujours assez simples; on ne la connaît pas sous d'autres formes, si ce n'est à l'état de légers dépôts cristallins sur des cristaux de calcaire. Les formes accidentelles, à l'exception des variétés mamelonnées ou

Digitized by Google

globulaires, manquent également, et c'est en masses finement granulaires ou saccharoïdes, quelquefois compactes, qu'on la connaît principalement.

A l'état cristallin, la dolomie se trouve dans les gîtes métallifères : c'est du Mexique que proviennent les plus belles variétés. En masses, elle se trouve en couches intercalées au milieu des terrains de granites et de micaschistes, comme autour du St-Gothard, renfermant diverses substances disséminées, ou en relation avec des porphyres, des roches pyroxéniques, comme en Tyrol. Elle se présente fréquemment encore avec le calcaire pénéen, § 137, note, qu'elle remplace complétement en Angleterre, puis dans les divers dépôts au-dessus et au-dessous du calcaire conchylien, dans le lias, dans les dépôts jurassiques; enfin on la trouve dans la craie et les calcaires parisiens. On peut dire dès-lors qu'elle existe à peu près partout, mais rarement en dépôts considérables par leur étendue.

Les diverses variétés sont à peu près sans emploi ; on redoute même dans l'agriculture la chaux qui en provient, et ce n'est que depuis quelques années qu'on a reconnu que certaines variétés, mêlées de silicates, pouvaient donner des chaux hydrauliques, qui cependant n'ont pas la force qu'on a voulu leur attribuer.

Sidérose. — *Fer carbonaté, fer spathique, mine d'acier.*

§ 223. **Caractères.** — La sidérose est encore une matière qui présente peu de formes cristallines, et qu'on ne connaît qu'en rhomboèdres semblables à celui que produit le clivage, ou bien en petits rhomboèdres aigus, et en prismes hexagones. Fréquemment elle est sous la forme lenticulaire.

Le poids spécifique va jusqu'à 3,81. Au chalumeau la calcination produit une matière noire ou rouge, qui fond en globules noirs attirables à l'aimant. La solution, qui se fait lentement à froid, donne un précipité abondant par le cyanure ferro-potassique.

On trouve quelquefois la sidérose en masses réniformes, en petits dépôts mamelonnés, dans les cavités des roches basaltiques, et aussi sous la forme de tiges de plantes, ou avec des impressions de fougères, dans les grès houillers. Elle est fréquemment en masses lamellaires à grandes ou à petites lames, quelquefois granulaire ou oolitique, et alors assez semblable à la limonite en grains, § 138. Dans d'autres cas elle est compacte ou même terreuse, et alors plus ou moins mélangée de matières étrangères.

Digitized by Google

Gisement. — A l'état de cristaux, cette matière se présente dans différents gîtes métallifères. Les variétés lamellaires en masses, qu'on nomme plus particulièrement *fer spathique*, se trouvent en filons et en amas dans les terrains de cristallisation, ou dans les calcaires de différents âges qui les recouvrent immédiatement; les variétés réniformes, compactes, terreuses, plus ou moins salies par des matières étrangères, appartiennent au terrain houiller et y forment souvent des dépôts assez considérables, soit dans les grès, soit au milieu des couches de houille. Les variétés oolitiques appartiennent aux formations jurassiques.

Usages. — La sidérose offre encore des minerais de fer importants, et qui sont assez communs dans diverses contrées. En France on exploite les minerais spathiques à Allevard en Dauphiné, à Baigory, Vicdessos, etc., dans les Pyrénées; ils sont généralement traités par une méthode particulière, qu'on nomme *méthode catalane*, au moyen de laquelle on obtient immédiatement du fer sans passer par l'état de fonte. Mais il y a du choix dans ces minerais, et l'on croit remarquer que ceux qui renferment de la magnésie donnent de mauvais fer. Les variétés qui ont subi une décomposition, et qui se trouvent à l'état d'hydrate, sont les meilleures. Celles qui renferment de l'oxyde manganèse donnent des fers qui se transforment facilement en acier, et de là le nom de *mine d'acier* donné au minerai.

Les variétés compactes et terreuses du terrain houiller présentent un excellent minerai, et d'autant plus précieux qu'il se trouve auprès du combustible qui convient le mieux à son traitement. Ce sont les seules qu'on exploite en Angleterre; on les traite aussi en France aux environs de Saint-Étienne, et à Aubin dans l'Aveyron. Les variétés oolitiques sont employées à Hayanges, dans la Moselle, et dans plusieurs usines de la Côte-d'Or et de la Marne.

Smithsonite. — *Zinc carbonaté, zinc oxydé, calamine.*

§ 224. Rarement en cristaux, qui sont toujours très-petits; quelquefois en stalactites ou sous des formes empruntées au carbonate de chaux, ou bien en masses compactes.

A la calcination, ce minéral donne une fumée blanche qui se dépose autour de la pièce d'essai. La solution, qui se fait avec une vive effervescence dans l'acide azotique, donne, par l'ammoniaque, un précipité qui se redissout par un excès de cet alcali.

Les variétés cristallines ou stalactitiques se trouvent dans divers gîtes métallifères; mais les variétés en masses forment des couches

Digitized by Google

avec le silicate de zinc dans les terrains de sédiment, depuis la formation carbonifère jusqu'au lias. C'est dans ce dernier qu'il se trouve particulièrement en France, à Combecave (Lot), à Montalet près d'Uzès, à Saint-Sauveur en Languedoc, etc. Ces minerais sont exploités, dans diverses localités, en même temps que le silicate. (Voyez silicate calamine.)

La *zinconise*, carbonate hydraté, se trouve en petite masse terreuse dans les mines de plomb de Bleyberg en Carinthie.

Malachite et azurite. — *Vert de montagne*, *cendre verte*, *cuivre azuré*, *azur de cuivre*, *bleu de montagne*.

§ 225. L'une de ces substances est verte, et cristallise en prismes rhomboïdaux droits; l'autre est bleue et présente des prismes obliques.

Toutes deux donnent de l'eau par calcination, et noircissent; leur solution précipite du cuivre abondamment. La première est un simple carbonate hydraté; la seconde est un bicarbonate combiné avec un hydrate de la même base.

Il faut joindre à ces deux espèces un carbonate anhydre, brun, comme tous les sels de cuivre anhydres, et qui a été observé dans l'Inde, au pays de Mysore.

La malachite, qui se trouve rarement sous sa forme naturelle, se présente souvent en cristaux octaèdres diversement modifiés, qui proviennent de la décomposition du protoxyde. Elle se montre aussi en prismes obliques, fibreux à l'intérieur, qui proviennent de la décomposition de l'azurite. Du reste, elle se trouve en petites masses mamelonnées ou stalactitiques, souvent fibreuses à l'intérieur, et montrant en outre des couches d'accroissement qu'on distingue par la variation des teintes. Quelquefois elle est pulvérulente et alors fréquemment mélangée avec des matières terreuses et sableuses.

L'azurite est au contraire presque toujours cristallisée ou en boules formées de cristaux groupés. On la trouve aussi à l'état terreux, et souvent alors plus ou moins mélangée de matières étrangères; ce qu'on appelle la *pierre d'Arménie* n'est qu'un de ces mélanges, qui est compacte et assez dur.

Ces deux substances sont en général des matières subordonnées aux gîtes métallifères cuivreux. La malachite se trouve quelquefois en masses assez abondantes dans les mines des monts Ourals en Sibérie. L'azurite s'est trouvée, pendant un temps, en abon-

Digitized by Google

dance à Chessy, près de Lyon, dans des matières arénacées des dépôts pénéens.

Les variétés stalactitiques fibreuses de malachite, lorsqu'elles composent des masses suffisamment volumineuses, sont débitées en feuilles minces, dont on fait des placages ou pièces de rapport pour construire des tables, des vasques, des chambranles de cheminée, etc., qui sont d'une rare beauté.

Dans les lieux où les carbonates de cuivre sont abondants, on les emploie avec les autres minerais pour la préparation du cuivre : c'est une mauvaise manière d'en tirer parti ; il vaudrait beaucoup mieux en fabriquer des sels de cuivre, et surtout le sulfate dont on se sert fréquemment en teinture.

Natron et urao. — *Soude, alcali minéral, soude carbonatée.*

§ 226. Le natron, tel qu'il se trouve dans la nature, est une matière effleurie, d'une saveur caustique et urineuse. Il est soluble dans l'eau, d'où il se dépose ensuite en cristaux qui renferment une plus grande quantité de ce liquide à l'état de combinaison. Ces cristaux retombent promptement en poussière à l'air.

L'urao est au contraire cristallisé en prismes obliques rectangulaires. Sa saveur est moins caustique, et il est peu altérable à l'air. Il se présente en masses granulaires et quelquefois fibreuses.

La première de ces espèces se trouve à la surface de la terre dans les plaines basses de nos continents, aux environs de certains lacs dont les eaux en renferment toujours une certaines quantité. Elle est abondante dans les temps secs et couvre la terre d'efflorescences qui ressemblent à de la neige ; c'est ainsi qu'on la voit dans les plaines de Hongrie autour de Debreczin, dans la vallée des lacs de Natron en Égypte, dans l'Arabie, dans l'Inde, etc.

L'urao forme des dépôts solides dans les matières argileuses de formation assez moderne. On le connaît à cet état en Colombie, autour du village de Lagunilla, à une journée de Mérida, et il renferme disséminés des cristaux de Gaylussite. Il paraît qu'il se trouve de même en Afrique dans le Fezzan, sur le bord du grand désert, et probablement dans la vallée des lacs de Natron, à vingt lieues du Caire ; du moins en tire-t-on de cette dernière localité des masses considérables qui sont inaltérables à l'air, et dont on a même bâti des murailles qui se conservent dans ces contrées sèches. Il est à présumer que c'est de sa décomposition que provient l'espèce qu'on nomme natron.

Les carbonates de soude se trouvent quelquefois aussi en efflo-

Digitized by Google

rescences à la surface des laves et des scories dans les volcans actifs. Il en existe en solution dans un assez grand nombre d'eaux minérales, parmi lesquelles on doit citer particulièrement celles de Vichy en Auvergne et de Contrexeville dans les Vosges.

Ces sels de soude sont des matières importantes, dans tous les lieux où elles se trouvent, pour la fabrication du savon et pour les verreries. Il s'en faisait autrefois une grande importation en France, et particulièrement de l'Égypte, pour cet objet; mais aujourd'hui tout ce qui nous est nécessaire est préparé artificiellement par la décomposition du sel marin. Il en est de même dans presque toutes les parties de l'Europe.

Carbonates divers.

§ 227. Les autres carbonates appartiennent la plupart aux gîtes métallifères, et sont toujours en petites quantités. La *céruse*, la *withérite*, la *strontianite* appartiennent plus spécialement aux dépôts de minerais de plomb; elles ont entre elles une très-grande analogie, et se trouvent tantôt en cristaux, tantôt en petites masses aciculaires, fibreuses, compactes, quelquefois terreuses. La céruse est la plus abondante et offre les cristaux les plus nets et les plus variés; elle présente surtout un grand nombres de groupes comme ceux que nous avons indiqués fig. 263 à 265.

C'est aussi dans les minerais de plomb de Leadhils en Écosse, que se trouvent les carbonates de plomb sulfatifères, en petits cristaux plus ou moins distincts, dont les formes ne peuvent se rapporter à la céruse. C'est dans les mêmes gisements qu'on rencontre aussi la *stromnite* et la *baryto-calcite*.

La *giobertite* se trouve en rhomboèdres simples, disséminés dans les silicates magnésiens désignés sous le nom de talc; la *némalite*, matière terreuse, est en petites veines dans les serpentines, ainsi que les autres carbonates hydratés de la même base.

BORIDES.

Corps donnant immédiatement à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme verte, ou laissant après l'action de l'acide azotique une matière qui possède cette propriété.

§ 228. Nous n'avons à parler ici que d'un très-petit nombre de substances, savoir :

1° L'*acide borique hydraté*, ou Sassoline, qui se trouve en

Digitized by Google

solution dans les eaux des lagonis de Toscane, § 198, sur les bords desquels il cristallise, et qu'on rencontre aussi en petites masses mélangées de soufre dans le cratère de Vulcano. Il est à l'état d'hydrate qui ne renferme que 56 pour 100 d'acide sec. On le récolte et on l'emploie aujourd'hui pour la fabrication du borax.

2° Le Borax, ou borate de soude, que l'on dit tout formé dans les eaux de certains lacs de l'Inde, ou en petites couches cristallines à quelques pieds de profondeur dans les terres meubles. On le cite aussi à Ceylan, en Perse, dans la Tartarie méridionale, et en solution dans les eaux de certaines mines du Potosi. C'est de l'Inde qu'est venu tout le borax en Europe jusqu'au moment où l'on en a fabriqué avec l'acide borique de Toscane. Ce sel sert de fondant dans diverses opérations de petite métallurgie.

3° La Boracite, ou borate de magnésie, qui cristallise en cubes remarquables par le défaut de symétrie qu'ils présentent, § 44. Cette substance, peu commune, se trouve en cristaux disséminés dans le gypse de Lunebourg en Brunswick, et de Segeberg en Holstein.

4° Des borosilicates de chaux : l'un, cristallisé en prismes rhomboïdaux droits, dans le fer magnétique d'Arendal en Norwége; un autre en prismes obliques dans certaines roches cristallines du Tyrol; et un troisième en petites masses botryoïdes de la première localité (voyez les Silicates borifères).

GROUPE DES SILICIDES.

Corps composés de silice, soit seule, soit combinée avec divers oxydes.

Fusibles avec le sel de soude et attaquables ensuite par l'eau ou les acides; solution acide donnant une grande quantité de silice, soit immédiatement, soit après l'évaporation et le traitement subséquent par l'eau.

§ 229. Ce groupe, qui ne renferme cependant que la silice et ses combinaisons avec diverses bases, est le plus étendu de tout le règne minéral. Il renferme aujourd'hui plus de deux cents espèces qu'on peut assez bien définir, et peut-être autant qu'on est sur la voie de reconnaître comme telles; tous les jours l'examen chimique des matières minérales fait découvrir de nouvelles combinaisons. Il en est ici de la silice et des diverses bases comme du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, dont les combinaisons, dans les matières dites organiques, peuvent s'effectuer sous un nombre presque infini de rapports déterminés.

Les substances qui entrent dans ce groupe ont un assez grand

Digitized by Google

nombre de caractères physiques communs, et qui servent souvent à les reconnaître au premier moment. La plupart offrent l'éclat vitreux, du moins dans les variétés cristallisées; il n'en est aucune qui offre l'éclat métallique. Leur dureté est presque toujours considérable; un grand nombre raient le quarz, et presque toutes les autres raient ou usent le verre lorsqu'elles sont cristallisées. On ne peut guère les confondre sous ces différents rapports qu'avec les fluosilicates topaze et picnite, le borosilicate datholite, le corindon et les spinelles, § 194, 195, 133 et 134.

C'est aux terrains de cristallisation qu'appartiennent la plus grande partie de ces corps; un petit nombre y forment, à eux seuls, des dépôts plus ou moins considérables; quelques autres, en se réunissant d'une manière remarquable par la constance, constituent des roches qu'on nomme, à cause de cela, *roches composées*. La plupart des autres sont disséminés, ou en noyaux, dans diverses roches. Il y en a peu dans les terrains de sédiment, et ce sont surtout alors des matières terreuses toujours plus ou moins argileuses.

Nous avons déja indiqué plusieurs pierres employées dans la bijouterie et la joaillerie. C'est à la famille des silicides qu'appartiennent toutes les autres, tant celles qui conservent encore un prix élevé que quelques-unes plus communes qui sont cependant employées fréquemment.

Dans l'impossibilité de décrire ici toutes les espèces qui appartiennent à ce groupe, nous choisirons celles qui sont les plus abondantes à la surface du globe et sur lesquelles il est indispensable d'avoir quelques idées générales.

Silice pure.

Matières infusibles seules; insolubles dans les acides, mais rendues solubles par la fusion avec un alcali. Solution ne renfermant rien ou presque rien après la séparation de la silice.

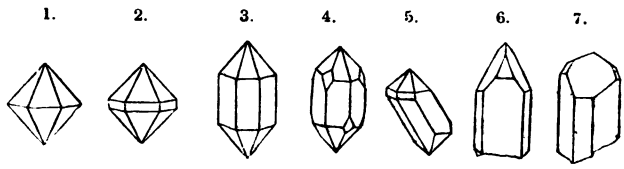
Quarz, calcédoine et opale. — *Cristal de roche, agate, silex, etc.*

§ 230. **Caractères du quarz.** — De ces trois matières et de toutes leurs variétés, le quarz seul est susceptible de cristallisation.

C'est une substance vitreuse, non altérable au feu, qui se rattache au système rhomboédrique, dont les cristaux offrent toujours des

Digitized by Google

dodécaèdres à triangles isocèles, soit simples, fig. 1, soit avec les faces du prisme hexagonal, fig. 2 et 3, et diverses modifications non symétriques aux angles fig. 4. Le plus souvent les cristaux sont extrêmement déformés par l'élargissement de quelques-unes de leurs faces, soit comme fig. 5, soit, et plus fréquemment, comme fig. 6 et 7.



Le quarz se présente aussi sous des formes empruntées au carbonate de chaux scalénoèdre, au fer oligiste rhomboèdre, ou à la fluorine octaèdre. Nous avons déjà indiqué l'agglutination cristalline des sables quarzeux par du carbonate de chaux, § 58; mais un autre genre d'agglutination des sables a lieu par les coups de foudre qui y produisent, en les traversant, des tubes plus ou moins irréguliers, qu'on nomme *fulgurites*, et qui se prolongent quelquefois fort loin dans la terre.

On trouve aussi le quarz en petites masses bacillaires ou fibreuses; mais fréquemment il est en grande masse compacte, tantôt transparent et limpide, tantôt plus ou moins opaque. Ailleurs les masses ont une sorte de structure grenue, peu distincte, et passent à l'état lithoïde. Enfin, on trouve le quarz sous la forme de sables plus ou moins agglutinés, plus ou moins purs, dont le grès du pavé de Paris nous offre un bel exemple.

Naturellement incolore, le quarz prend souvent des couleurs plus ou moins vives, par des mélanges de matières étrangères, tantôt en conservant sa transparence, tantôt en devenant opaque. Il se mélange ainsi de peroxyde de fer, d'hydrate jaune de ce peroxyde, ou d'argile ferrugineuse, rouge et jaune, et de matière amphibolique, ou chloritique (voyez amphibole et chlorite, § 251 et 267), qui le colore en vert. L'*améthyste* est un quarz transparent violet, coloré par l'oxyde de manganèse; il y a aussi des quarz transparents de diverses teintes jaunes, des quarz bruns ou enfumés, etc.

§ 231. **Caractères de la calcédoine.** — La calcédoine, l'agate, la cornaline, le silex, sont tous des matières de même nature, et entièrement siliceuses. Elles ont toutes pour caractère de blanchir au feu, et de s'y désagréger même entièrement. Elles n'offrent

Digitized by Google

pas de traces de cristallisation extérieure, et ne présentent aucun signe de double réfraction lorsqu'elles sont réduites en lames qu'on puisse considérer comme homogènes; par conséquent elles ne sont pas non plus cristallisées à l'intérieur et doivent être considérées comme une agglutination mécanique de particules siliceuses. Elles sont plus tenaces que le quarz et font plus facilement feu avec le briquet. Leur éclat, plutôt lithoïde que vitreux, a toujours quelque chose de gras ou de céroïde; quelques variétés, qui se rapprochent de l'opale par un éclat résineux, sont en partie attaquées par la potasse caustique lorsqu'elles sont réduites en poudre fine.

La calcédoine a souvent des formes empruntées; elle incruste quelquefois des cristaux de quarz d'une pellicule plus ou moins épaisse, et en présente entièrement la forme Ailleurs elle est substituée à différents cristaux de calcaire; plus souvent elle est sous la forme de branches de bois, de polypiers, dont elle conserve tout le tissu, ou bien se trouve moulée dans les cavités des coquilles ou des échinides. Elle se trouve en petites stalactites, en rognons plus ou moins volumineux, quelquefois creux à l'intérieur, tapissés ou remplis de cristaux de quarz, et renfermant des matières terreuses.

La calcédoine, translucide ou opaque, est tantôt incolore, tantôt colorée par suite du mélange de quelques matières étrangères. Les variétés translucides portent fréquemment le nom d'*agate;* celles qui sont en même temps colorées portent les noms de *sardoine* lorsqu'elles sont jaunâtres ou brunâtres, et de *cornaline* lorsqu'elles sont rouges, couleur qui est due à des matières organiques, § 78. Lorsque diverses couleurs se trouvent réunies par zones ou par bandes, la matière prend fréquemment le nom d'*onix*. Quelquefois la matière colorante se trouve en dendrites, il en résulte les *agates herborisés*.

Les *jaspes* sont des calcédoines opaques mélangées de diverses matières étrangères qui les colorent; ces matières sont le peroxyde de fer ou son hydrate, tantôt purs, tantôt mélangés d'argile, ou bien des silicates de couleur verte : c'est ce qui produit les jaspes rouges, jaunes, verts, etc., de diverses variétés, où les couleurs sont tantôt uniformément répandues, tantôt disposées par bandes, par zones, par taches, etc. Les jaspes calcédoniens se distinguent des quarz colorés opaques, qui leur ressemblent souvent, en ce qu'ils se désagrègent au feu. Il faut remarquer aussi que quelques jaspes qui renferment une grande quantité d'argile ferrugineuse, ou de calcaire, ce qui arrive quelquefois dans les silex des parties supérieures des terrains secondaires, deviennent fusibles

Digitized by Google

au chalumeau; circonstance qui les a fait quelquefois confondre avec d'autres substances.

La *pierre meulière* n'est qu'une variété lithoïde et opaque de calcédoine, souvent criblée de cavités irrégulières qui lui ont valu le nom de *silex carié*.

Silice pulvérulente. — Dans les cavités de certains dépôts siliceux, ou dans les rognons de silex, on trouve assez souvent de la silice en poussière fine. Il existe aussi des rognons à texture très-lâche, qui semblent être formés par des matières pulvérulentes agrégées, et qui sont assez légers pour nager sur l'eau comme la ponce, ce qui leur a fait donner le nom de *silex nectique*.

Fréquemment aussi les rognons siliceux de la craie ont à la partie extérieure une couche plus ou moins épaisse de matière siliceuse opaque, blanche, peu agrégée, tandis que le centre est compacte et solide. Quelquefois on trouve plusieurs couches alternatives de matières solides et de matières pulvérulentes.

§ 232. **Caractères de l'opale.** — Comme la calcédoine, l'opale blanchit au feu, mais elle donne toujours alors une quantité notable d'eau. Elle est le plus souvent attaquable par la potasse caustique, précisément comme les précipités gélatineux encore hydratés que nous formons dans les laboratoires. Elle n'offre aucune trace de cristallisation ni de double réfraction. Beaucoup moins tenace que la calcédoine, elle donne moins d'étincelles par le choc du briquet. L'éclat est toujours plus ou moins résineux.

L'opale se présente quelquefois en petites stalactites ou en mamelons limpides et nacrés. Plus souvent elle est sous forme de rognons plus ou moins volumineux, ou sous la forme de branches d'arbres dont elle conserve aussi la structure. C'est de l'opale que déposent les sources jaillissantes de l'Islande, § 198, en formant des incrustations sur tous les corps environnants.

Quelquefois l'opale est sensiblement pur, et présente alors plus ou moins de transparence ou d'opacité. Certaines variétés demi-transparentes offrent dans leur intérieur des couleurs irisées, extrêmement vives, qui les font rechercher et en rendent le prix très-élevé. Souvent aussi l'opale se colore par des mélanges de matières étrangères, et les variétés opaques, mélangées d'oxyde de fer, d'argile ferrugineuse, de matière verte, etc., forment ce qu'on nomme les *jaspes-opales* ou les *jaspes-résinites*.

On rencontre aussi des hydrates de silice, véritables opales, à l'état gélatineux, ou pâteux et presque pulvérulent, qui sont quelquefois susceptibles de se délayer dans l'eau. Il y a des circonstances où l'opale semble avoir été altérée, où les rognons, les

Digitized by Google

fragments, sont devenus blancs à la surface, se sont même réduits en poussière qui a dès lors perdu toute son eau. Quelques variétés reprennent par imbibition dans l'eau le liquide qu'elles ont perdu et en même temps leur translucidité; ces variétés se nomment *hydrophanes*.

Il paraît, sous le rapport de la composition, qu'il y a plusieurs hydrates très-différents les uns des autres par les quantités d'eau qu'ils renferment, et qui formeront peut-être autant d'espèces par la suite.

§ 233. **Gisement du quarz.** — On peut admettre généralement que le quarz proprement dit appartient aux terrains de cristallisation; il y forme à lui seul des filons considérables qui traversent toutes les roches, des amas étendus, des couches puissantes, où il est tantôt limpide, à l'état vitreux, tantôt plus ou moins opaque avec une sorte de texture grenue. Dans d'autres cas, il est mélangé de mica (1), qui s'y trouve par paquets, ou disséminé plus ou moins uniformément; ce sont alors des roches composées, qu'on a nommées *hyalomictes*, et qu'on distingue en *granitoïdes* lorsqu'elles ont l'apparence du granite, et *schistoïdes* lorsque le mica, disposé en petites couches, donne à la masse une structure schisteuse. Lorsque le mica est très-abondant, en feuillets distincts qui alternent avec des feuillets de quarz, c'est le *micaschiste*.

Le quarz est aussi une partie essentielle du *granite*, où il se trouve réuni non-seulement au mica, mais encore au feldspath, le tout mélangé plus ou moins uniformément par petites parties. On nomme *protogyne* une sorte de granite qui se trouve en abondance dans les Alpes, où le mica est en général très-magnésien. On nomme *pegmatite* un granite où les trois éléments forment des espèces d'amas distincts, réunis et accolés les uns aux autres.

Dans les terrains de cristallisation on trouve souvent des fentes, des cavités irrégulières, où le quarz a cristallisé; c'est ce qu'on nomme des *fours* ou *poches à cristaux*, et c'est là qu'on récolte les groupes de quarz cristallin qui décorent les cabinets de minéralogie.

Dans les terrains de sédiment le quarz forme çà et là quelques filons qui traversent plusieurs dépôts de bas en haut; mais il ne se montre plus en couches qu'à l'état sableux, plus ou moins agglutiné, où il est tantôt assez pur, tantôt mélangé de matières étrangères, ou sali par de la limonite, etc. Si çà et là on rencontre

(1) Voyez plus loin les espèces mica, feldspath, amphibole, etc., qui sont des silicates. § 240, 254, 267, etc.

Digitized by Google

encore du quarz cristallisé dans les dépôts sédimentaires, c'est en petits cristaux qui tapissent les cavités des amas de calcédoine ou des matières argilo-siliceuses qui séparent les bancs calcaires. Il est à remarquer que dans les dépôts sédimentaires enclavés au milieu des terrains de cristallisation, les couches sablonneuses sont remplacées par des quarz compactes, tantôt purs, tantôt plus ou moins micacés comme les hyalomictes.

Gisement de la calcédoine. — La calcédoine est beaucoup moins abondante dans les terrains de cristallisation, où elle est quelquefois en filons; mais à l'état de jaspe, elle forme aussi des couches peu épaisses qui alternent un grand nombre de fois avec des matières amphiboliques, diallagiques et serpentineuses (voyez ces mots). Elle se trouve en rognons plus ou moins volumineux, fréquemment à couches concentriques, dans certaines roches, en dépôts ou en buttes isolées, qu'on a nommées *amygdaloïdes*, parce que les rognons de diverses substances s'y présentent comme des amandes enfermées dans une pâte.

En rognons opaques, où la matière prend plus particulièrement le nom de *silex*, elle est très-abondante dans les diverses couches calcaires ou marneuses de toutes les époques. Mais c'est particulièrement dans la craie que ces rognons sont nombreux et quelquefois très-volumineux, surtout très-étendus en largeur, et ressemblant alors à de petites couches; ils sont réunis par lits horizontaux, qui se répètent souvent un grand nombre de fois, à des intervalles de deux ou trois mètres, comme on le remarque surtout dans les falaises qui bordent le canal de la Manche.

Pierre meulière. — Dans les terrains tertiaires on trouve des dépôts assez étendus de *pierre meulière*. Il en existe d'abord dans la partie inférieure, dans ce qu'on nomme le calcaire siliceux, comme dans toute la Brie, où l'on ne trouve pas de débris organiques; plus haut, sur la plupart des plateaux des environs de Paris, il s'en trouve des amas qui reposent sur les sables quarzeux par lesquels se termine la masse principale de nos collines; celles-ci renferment fréquemment des lymnées, des planorbes, etc., qui sont des coquilles d'eau douce.

Gisement de l'opale. — C'est encore dans des positions un peu différentes que se trouve l'opale; on rencontre la plus grande partie des variétés dans les débris des terrains trachytiques, comme autour du mont Dore, dans le Siebengebirge, en Hongrie, dans les monts Euganéens, au Mexique, etc. Les roches trachytiques elles-mêmes en renferment aussi, les unes de petites veines, les autres des nids; on en trouve quelquefois encore dans les dépôts basalti-

Digitized by Google

ques, et aussi en rognons plus ou moins volumineux, ordinairement assez pure, dans des roches amygdaloïdes, comme on le voit particulièrement à l'île Fero.

Hors de ces gisements l'opale forme des filons dans les dépôts de serpentine et de diallage, où elle offre ordinairement des variétés blanches, translucides ou opaques; c'est ce qu'on observe particulièrement à Mussinet, Baldissero, etc., en Piémont, à l'île d'Elbe, en Silésie, etc. On en trouve aussi dans les parties supérieures des terrains de sédiment, soit en nids dans les calcaires fluviatiles, comme dans l'Orléanais, à Gergovia en Auvergne, soit en rognons dans les couches marneuses des environs de Paris, où la matière est bleuâtre à la surface et brune dans l'intérieur, comme par exemple à Ménilmontant, d'où est venu à ces variétés le nom de *ménilite*. Fréquemment aussi l'opale est alors mélangée de marne, qui la rend blanche et complétement opaque, comme les silex des mêmes localités, et comme eux susceptible de se fondre au chalumeau.

Rappelons encore les *tufs d'opale* produits par les eaux des Geyser en Islande, qui forment des dépôts de trois ou quatre mètres d'épaisseur, étendus sur d'assez grands espaces; il s'en trouve de même à l'île Saint-Michel, dans les Açores. Plusieurs sources minérales en déposent également de petites quantités, et l'on en a trouvé ainsi dans les conduits des eaux minérales du mont Dore en Auvergne.

§ 234. **Usage des matières siliceuses.** — Les variétés limpides de quarz ont été autrefois travaillées comme objets de luxe; on en faisait des coupes, de petits vases, divers ornements, des lustres, etc.; mais tous ces objets, fort chers à cause de la difficulté du travail, sont aujourd'hui passés de mode, et leur fabrication est tombée depuis l'introduction de l'espèce de verre nommée *cristal*, qui est à la fois plus limpide, plus éclatant, et plus facile à travailler. On n'emploie plus guère que l'améthyste, surtout lorsque, mélangée avec le quarz blanc, elle produit des dessins en zigzag; on l'associe souvent alors avec les mélanges de fluor et de quarz pour composer en pièces de rapport de jolis guéridons. On emploie aussi l'améthyste dans la joaillerie, et elle est même d'un prix assez élevé lorsque la pierre est grosse, d'une couleur foncée et bien uniforme; elle est alors recherchée pour les bagues d'évêque. Les teintes claires n'ont de valeur que quand les pierres réunies dans une parure sont exactement de la même teinte, ce qu'il faut choisir dans un très-grand nombre de pierres taillées. Certaines variétés de quarz, mêlées d'asbeste à fibres parallèles,

Digitized by Google

et connues sous le nom d'*œil de chat*, § 74, sont quelquefois d'un assez grand prix. L'*aventurine*, qui est le plus souvent une variété d'hyalomicte, où de petites paillettes de mica très-brillantes sont uniformément disséminées, est encore assez recherchée en plaques; il y en a une autre, moins belle, qui est un quarz grenu coloré, dans lequel quelques cristaux, autrement tournés que les autres, brillent d'un plus grand éclat. On taille aussi en pierres à facettes les diverses variétés de quarz coloré, mais qui n'ont point de valeur. Toutes ces pierres en général nous arrivent aujourd'hui du Brésil toutes taillées, et à des prix extraordinairement bas.

Les dépôts arénacés des diverses époques sont employés pour faire des meules à polir ou à aiguiser, des pierres à aiguiser plus ou moins grossières. Certaines variétés assez solides, à gros grain, sont employées comme meules à moudre le grain. Les sables blancs et purs sont employés dans les verreries de verre blanc. Les sables siliceux, quels qu'ils soient, sont souvent mélangés avec les argiles pour la fabrication des poteries communes.

Les variétés de calcédoine, comme la sardoine, la cornaline, l'agate herborisée, ont été souvent fort recherchées, mais n'ont aujourd'hui que peu de valeur. Une autre variété, connue sous le nom de *chrysoprase*, qui, avec la demi-transparence, offre une jolie teinte verte, qu'elle doit à un silicate de nickel, est la seule qui soit encore demandée, et d'un prix élevé : elle fait de charmantes parures avec des entourages de diamants.

On emploie particulièrement les diverses variétés de calcédoine pour la gravure sur pierres fines; les onix sont surtout recherchées pour les camées, et l'on exécute alors le petit bas-relief sur l'une des couches, en laissant l'autre pour le fond.

Un des emplois les plus importants, mais qui baisse encore aujourd'hui de plus en plus depuis l'usage des poudres fulminantes, est celui des silex pour la fabrication des pierres à fusil. Nous possédons en France les meilleures variétés pour cet usage, et pendant long-temps on en a exporté une très-grande quantité; mais ce commerce a ensuite été prohibé. Nos plus grandes fabrications sont dans le département de Loir-et-Cher.

Le silex molaire, ou pierre meulière, est aussi une matière importante, non-seulement comme excellente pierre à bâtir pour les constructions qui demandent de la solidité, mais encore pour la confection des meules de moulin, pour lesquelles aucune autre matière ne peut être mise en comparaison. Il s'en fait une grande quantité dans le bassin de Paris, d'où elles sont transportées dans tous les points de la France, et même en pays étranger. Les plus

Digitized by Google

renommées sont celles de La Ferté-sous-Jouarre dans le département de Seine-et-Marne.

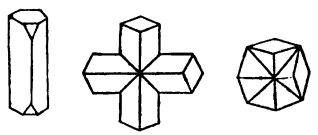
L'opale n'est employée que comme objet d'agrément. Les variétés irisées, qui sont souvent d'un très-haut prix, sont très-recherchées dans la joaillerie; on taille quelquefois aussi certaines variétés jaunâtres, qu'on nomme *opale de feu* et *girasol*. Les bois pétrifiés et opalisés, surtout les palmiers, sont quelquefois taillés en cachets, en boîtes, etc.

Silicates alumineux simples.

Solution, privée de silice, donnant par l'ammoniaque un précipité floconneux abondant, attaquable par la potasse caustique.

§ 235. **Staurotide et disthène.** — Les silicates alumineux sont tantôt anhydres, tantôt hydratés, ou hydratifères. Ces derniers se distinguent surtout en ce que les acides leur enlèvent facilement une certaine quantité d'alumine.

Dans les silicates anhydres, il faut particulièrement remarquer la *staurotide* et le *disthène*, substances disséminées, assez communes dans les terrains de cristallisation, et surtout dans les micaschistes. La staurotide, de couleur brune, tantôt transparente, tantôt opaque, difficilement fusible, est en général cristallisée, et en prismes rhomboïdaux plus ou moins modifiés, fig. 1, fréquemment en groupes cruciformes, fig. 2 et 3.



Le disthène, fréquemment de couleur bleue, ce qui lui a valu le nom de *cyanite*, est totalement infusible; il se trouve en cristaux prismatiques allongés, minces, mal conformés au sommet, ou en petites masses bacillaires.

Ces deux substances sont souvent réunies dans les micaschistes du Saint-Gothard; la staurotide se trouve seule en Bretagne, dans les schistes argileux, et le disthène seul dans les roches quarzeuses du Tyrol.

§ 236. **Silicates hydratés.** — Tous les silicates hydratés sont

Digitized by Google

des matières compactes, très-tendres, quelquefois translucides et d'un éclat résineux, le plus souvent opaques et ternes, passant à l'état terreux. On n'en connaît pas de cristallisés régulièrement, et ce n'est que par une analyse exacte qu'on peut les distinguer les uns des autres. Ils se trouvent en petits nids dans certains dépôts métallifères, en noyaux dans certaines roches amygdaloïdes, en rognons dans des calcaires de diverses époques, ou dans les matières arénacées qui en séparent les couches. Ils constituent, en grande partie, les dépôts et les couches de matières argileuses qu'on trouve souvent dans les terrains de sédiment, où fréquemment ils sont mêlés de matières sableuses plus ou moins abondantes. C'est à ce groupe qu'appartiennent la plupart des matières qu'on nomme *argiles*, ainsi que les terres labourables désignées sous le nom de *terre forte*, de *terre franche*, etc.

§ 237. **Emploi des argiles.** — Les silicates alumineux hydratés terreux, qui se trouvent en dépôts assez considérables à la surface de la terre, sont des matières éminemment utiles. D'un côté, ce sont eux qui arrêtent çà et là les eaux de pluie qui filtrent dans les terrains de sédiment, et les forcent d'aller s'écouler au jour sous la forme de sources, § 198. D'un autre, on les emploie dans les arts à un grand nombre d'usages, et surtout à la fabrication des briques et des diverses sortes de poterie, objets d'une haute importance, qui procurent l'existence à un nombre infini de familles, et dont le riche comme le pauvre ont journellement besoin. Les argiles grossières servent pour les poteries communes; celles qui sont plus pures sont employées pour les *terres de pipe* ou *terres anglaises*, et une sorte de porcelaine commune d'un excellent usage. Les belles porcelaines sont fabriquées avec une terre particulière résultant d'une décomposition des feldspaths, et qu'on nomme *kaolin*.

Les *terres à foulon* ne sont encore que des argiles calcarifères, grasses au toucher, et se polissant sous l'ongle, qui se dilatent dans l'eau et s'y délaient en rendant ce liquide plus ou moins savonneux. Elles sont de la plus grande importance pour les fabriques de draps, où on les emploie pour débarrasser les tissus de l'huile dont on a été obligé d'imbiber la laine pour la travailler. Il y en a en Angleterre qui sont éminemment propres à cet usage, et dont l'exportation est défendue. En France, les terres à foulon les plus renommées sont celles d'Issoudun (Indre, de Villeneuve et de Septême (Isère), de Flavin (Aveyron), de Rittennau en Alsace.

La *pierre à détacher* qu'on vend à Paris est une argile calcarifère de la formation gypseuse, qui forme une couche épaisse à Mont-

Digitized by Google

martre, et qu'on emploie tantôt seule, tantôt mélangée avec un peu de carbonate de soude, qui lui donne la propriété de raviver les couleurs altérées par les acides.

Silicates alumineux doubles.

Solution acide renfermant diverses matières en même temps que l'alumine, et précipitant dès lors par divers réactifs.

§ 238. Cette division renferme un nombre immense de corps différents, dont nous n'avons cité qu'une petite partie dans le tableau, en nous bornant à ceux qu'on rencontre le plus fréquemment. On voit qu'il y en a d'anhydres et d'hydratés. Dans les premiers, un grand nombre sont à base de chaux, de protoxyde de fer et de manganèse; d'autres renferment de la potasse, de la soude ou de la lithine. Plusieurs d'entre eux, quoiqu'à bases différentes, présentent les mêmes formules de composition et forment en conséquence des groupes particuliers, ou *genres*, qu'il importe de distinguer.

Plusieurs silicates hydratés ont leur correspondant parmi les silicates anhydres; c'est ainsi que la thomsonite n'est que la wernerite hydratée, que la scolézite correspond à la scolexerose, et la stilbite à la carnatite. Le plus grand nombre est à base de chaux; il y en a peu qui soient entièrement à base alcaline, et il est rare d'y trouver la potasse. Le protoxyde de fer se trouve aussi dans ces composés, et il en résulte un groupe de corps fort analogues qui sont désignés sous les noms de *chlorites* ou de *terres vertes*.

Dans plusieurs de ces silicates, soit anhydres, soit hydratés, il paraît arriver que l'alumine fait, comme la silice, fonction de corps électro-négatif, en sorte que les matières peuvent être considérées comme des combinaisons de silicates et d'aluminates.

Enfin, il y a des silicates alumineux qui renferment du fluor, du chlore, de l'acide borique, de l'acide phosphorique, du soufre, de l'acide sulfurique, dont les fonctions se trouvent tout à fait inconnues, et dont on est obligé de former des groupes à part.

Pour donner quelques idées sur ces différents composés, nous parcourrons successivement les corps anhydres, les corps hydratés calcaires ou alcalins, les corps hydratés ferrugineux, les combinaisons d'aluminates et de silicates, enfin les corps qui renferment du fluor, de l'acide borique, etc.

Digitized by Google

A. *Silicates alumineux doubles anhydres.*

§ 239. Parmi les nombreuses espèces de cette division, nous avons particulièrement à considérer : le groupe dans lequel se trouvent l'*orthose,* l'*albite,* etc., qui ont la même formule de composition, et qui forment ce qu'on nomme en général le *feldspath ;* le groupe à la tête duquel se trouve le *grossulaire,* qui constitue ce qu'on appelle les *grenats ;* le groupe *idocrase,* et le groupe *zoïste* et *thallite,* qui forme ce qu'on nomme les épidotes. Le premier de ces groupes nous intéresse en ce que ses espèces jouent un rôle important dans les terrains de cristallisation ; les autres, parce qu'ils s'y rencontrent fréquemment. Nous y ajouterons l'*émeraude,* dont le nom bien connu doit faire désirer quelques détails sur les matières qui le portent ; mais pour les autres substances, nous renverrons aux ouvrages spéciaux. (Voyez mon Traité de Minéralogie.).

Genre Feldspath.

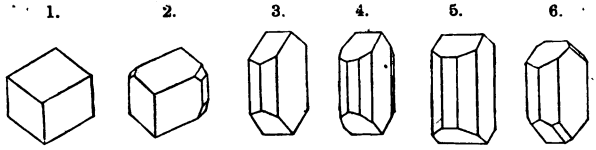
§ 240. **Caractères généraux.** — Les matières qui, dans le principe, ont reçu collectivement le nom de Feldspath, sont en quelque sorte dans les terrains de cristallisation ce qu'est le calcaire dans les terrains de sédiment ; on les y rencontre pour ainsi dire à chaque pas. Elles y constituent souvent des dépôts à elles seules, et forment la base de la plus grande partie des roches qu'on y trouve. Elles sont divisées aujourd'hui en plusieurs espèces, qui diffèrent les unes des autres tantôt par la nature de la seconde base sous la même formule de composition, comme l'*orthose,* l'*albite,* le *pétalite,* la *carnatite ;* tantôt par une composition formulée tout autrement, comme le *labradorite,* la *rhyacolite.* Elles sont toutes fusibles, au chalumeau, en émail blanc ou en verre bulleux ; toutes présentent des clivages plus ou moins faciles lorsqu'elles sont cristallisées ou en masses lamellaires, ou bien se trouvent à l'état compacte, la plupart avec éclat gras plus ou moins décidé.

Les cristaux, très-nombreux et très-variés, présentent au premier moment beaucoup d'analogies entre eux ; cependant dans l'orthose ils dérivent d'un prisme rhomboïdal oblique, et dans l'albite d'un prisme oblique à base de parallélogramme obliquangle. Dans la première substance, il y a deux clivages qui se rencontrent à angles droits ; dans la seconde, il y en a trois qui se rencontrent sous d'autres angles.

Orthose. — Les cristaux d'orthose, qui sont assez communs dans les diverses sortes de granite, sont quelquefois des prismes

Digitized by Google

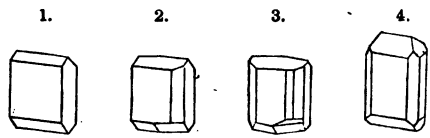
rhomboïdaux, simples ou modifiés, fig. 1 et 2, mais le plus souvent des prismes hexagones irréguliers terminés par des sommets dièdres et diversement modifiés, fig. 3 à 6, quelquefois très-compliqués. Il y a aussi beaucoup de cristaux groupés.



On trouve aussi l'orthose sous des formes globulaires, engagées dans de l'orthose compacte plus ou moins sali de matières étrangères, et dont quelquefois elles peuvent se détacher. Ces globules, quelquefois assez gros, sont généralement striés du centre à la circonférence. Du reste, on rencontre cette substance en masses laminaires, divisibles en plaques plus ou moins épaisses ; en masses lamellaires ; en masses schisteuses, composées de feuillets compactes plus ou moins épais, souvent séparés par des enduits micacés ; en masses granulaires à grains fins, et enfin à l'état compacte.

Naturellement blanc, l'orthose se colore de diverses manières par des substances mélangées très-variées. Il est quelquefois limpide, mais le plus souvent opaque ; dans le premier cas, il présente quelquefois des reflets nacrés très-agréables.

Albite. — Les cristaux d'albite, généralement plus petits que ceux d'orthose, se présentent aussi en prismes à sommets dièdres, mais qui sont modifiés inégalement sur les arêtes ou sur les angles solides, fig. 1 à 4, ce qui montre leur rapport au système oblique obliquangle. Ils sont fréquemment groupés en sens inverse par les pans latéraux, et les faces du sommet forment alors entre elles des angles très-obtus.



L'albite est aussi en masse laminaire, quelquefois feuilletée, en masse lamellaire, granulaire, quelquefois fibreuse et palmée, ou enfin en masse compacte.

Pétalite. — C'est encore une substance de même formule que les précédentes, mais qui renferme de la lithine. Elle ne se trouve

Digitized by Google

qu'en masse laminaire qui se clive en prismes quadrilatères, et qui a une grande analogie extérieure avec l'orthose. On ne l'a encore rencontrée qu'en blocs isolés à Utö en Sudermanie. Elle paraît devoir appartenir aux dépôts de pegmatite.

Le pétalite est une des substances dont on peut extraire la lithine ; mais on emploie plus particulièrement à cet effet une matière qui l'accompagne, qu'on désigne sous le nom de *triphane*, et qui en renferme 8 à 9 pour 100. Le triphane est lamelleux, de couleur verdâtre, d'un éclat gras et un peu nacré ; il est fusible au chalumeau, et, traité avec la soude sur la feuille de platine, il tache fortement le métal.

Carnatite. — Ici la chaux prend la place des alcalis dans la composition ; mais on ne connaît que de très-petits cristaux rectangulaires dans la substance, qui, du reste, paraît entrer dans la composition des granites et des gneiss de Coromandel dans la presqu'île de l'Inde. Cette substance diffère des précédentes en ce qu'elle est attaquable immédiatement par les acides, comme la suivante.

Labradorite. — On trouve encore ici les mêmes éléments, mais en d'autres proportions ; c'est-à-dire 3 $Al\,Si^2 + Ca\,Si$, au lieu de 3 $Al\,Si^3 + Ca\,Si^3$. La matière est aussi attaquable immédiatement par les acides. Elle se trouve sur la côte de Labrador, dans la partie la plus septentrionale de l'Amérique, en morceaux isolés, susceptibles de clivages inclinés prismatiques. Ce que cette substance présente de plus saillant, ce sont de beaux reflets de couleurs variées, qui changent avec l'inclinaison de la pierre par rapport à l'œil. Il paraîtrait que certains basaltes, certaines laves, sont à base de labradorite, ce qu'on présume à cause de la facilité avec laquelle ces matières sont attaquées par les acides.

Rhyacolite. — Ce sont des cristaux qui ont été désignés sous le nom de *feldspaths vitreux*, parce qu'ils ont un éclat particulier, et sont le plus souvent fendillés comme du verre qui, après avoir été chauffé, serait refroidi subitement. Ces cristaux, qui ont encore beaucoup d'analogie avec ceux d'orthose et d'albite, sont disséminés dans les trachytes compactes ou terreux, dont quelquefois ils se détachent facilement, comme au mont Dore et au Drakenfels ; ou bien dans diverses sortes de porphyres, et particulièrement dans les matières vitreuses que nous allons voir sous le nom de perlite, etc.

§ 241. **Gisement.** — L'orthose se trouve souvent disséminé, dans les diverses roches, simples ou composées, des terrains de cristallisation, en cristaux plus ou moins volumineux, fréquemment mis à nu et isolés par la désagrégation des matières envelop-

Digitized by Google

pantes dont on peut alors facilement les détacher. Il se trouve aussi des cristaux très-nets dans les cavités et les fissures de ces roches.

Nous avons déjà indiqué cette matière comme partie constituante essentielle des diverses sortes de *granites* et de *gneiss*, § 133, *note*, qui sont les roches principales des grands dépôts de cristallisation. Le quarz entre aussi dans la composition de ces roches; mais il arrive dans divers dépôts qu'il manque entièrement, et il ne reste plus que de l'orthose légèrement grenu et du mica; il en résulte d'autres roches qu'on nomme alors *leptinites*, et qu'on distingue en granitoïdes et schisteuses.

L'orthose en cristaux se réunit souvent avec l'amphibole, § 267, d'où résulte une roche qui, au premier abord, ressemble beaucoup au granite, et qu'on nomme *siénite*; celle-ci forme encore de très-grands dépôts dans différentes contrées, ou des filons particuliers dans les autres roches. A l'état compacte cette substance forme aussi à elle seule des couches ou des amas considérables. Souvent elle se trouve remplie de globules striés qui se dessinent sur les masses par une teinte différente, et qu'on remarque surtout lorsqu'ils se trouvent dans une pâte colorée. De là résulte ce qu'on nomme les *variolites*, parce que sur les morceaux roulés chaque globule forme à la surface une élévation comme les pustules de petite vérole. Ailleurs, au lieu de globules disséminés dans une masse compacte, ce sont des cristaux, tantôt d'orthose, tantôt d'albite, qui se distinguent aussi par une couleur plus claire, et qui forment sur la pâte des taches parallélogrammiques. On a alors des *porphyres*, qu'on distingue par la couleur de leur fond; il y en a de bruns, de rouges, de verts, de noirs, etc. Les cristaux disséminés sont tantôt grands, tantôt petits, souvent blancs, et dans tous les cas d'une teinte moins foncée que le reste de la masse. Les porphyres sont encore des roches très-communes non-seulement dans les grandes formations cristallines, mais encore dans certains dépôts de sédiment au travers desquels ils se sont fait jour.

L'albite présente à peu près les mêmes circonstances que l'orthose; on la trouve en cristaux dans les fissures des roches granitiques, particulièrement des protogynes, § 233, ou bien empâtée dans certains porphyres à base d'orthose. Elle constitue aussi diverses roches en se réunissant avec d'autres substances; c'est ainsi que réunie à l'*amphibole* elle forme les *diorites*, roches fort analogues à la siénite, qui, par le mélange intime des éléments, passent à des matières compactes, vertes ou noires, d'apparence homogène, qu'on trouve en filons dans les dépôts cristallins ou sédimentaires, en amas ou sous la forme apparente de couches. Ce

Digitized by Google

sont ces diorites compactes qui forment la pâte des porphyres verts des diverses variétés. A l'état compacte, elle se réunit avec le *diallage* ou la *smaragdite* (voyez § 265), et constitue les roches qu'on nomme *euphotides*.

L'albite forme, dans certaines contrées, la plus grande partie des roches que leur âpreté a fait désigner sous le nom de *trachyte*, et qui ont produit des épanchements considérables à la surface du globe. Les trachytes de Hongrie sont de cette espèce, ainsi que ceux des Andes, d'où est venu aussi à la roche le nom d'*andésite*.

Le labradorite est dans le même cas que l'orthose et l'albite. Réuni à l'*hyperstène*, il forme dans les monts Ourals la roche nommée *hypérite*. Réuni au pyroxène, il constitue la *dolérite*, roche analogue à la diorite et à la siénite, tantôt granitoïde, tantôt compacte, et offrant alors d'un côté les *basaltes*, et la plupart des laves, de l'autre les porphyres à pâte noire qu'on nomme *mélaphyres*.

La ryakolite, en cristaux disséminés dans beaucoup de roches porphyriques, constitue quelquefois aussi en entier les roches des épanchements trachytiques; elle forme ainsi la pâte des trachytes de l'Auvergne, du Siebengebirge, etc.

§ 242. **Usages**. — Certaines variétés d'orthose, qui offrent plus ou moins de transparence avec des reflets nacrés, sont employées dans la joaillerie sous le nom de *pierres de lune*, dont les plus belles viennent de Ceylan. On nomme *pierre de soleil* une variété analogue, remplie de petites paillettes de mica disséminées, qui est beaucoup plus rare et d'un prix très-élevé. Un feldspath laminaire d'une belle couleur verte, connu sous le nom de *pierre des amazones*, est employé pour de petits objets de fantaisie, tels que boîtes, socles, pendules, etc. On emploie le granite pour les bornes, pour les bordages de trottoir dans les grandes villes où le transport peut s'effectuer facilement; cette même roche, ainsi que les siénites et les porphyres de diverses sortes, a été employée par les anciens en colonnes, en baignoires, en urnes sépulcrales, en tables, en plaques, etc., que l'on voit encore dans les édifices modernes; c'est ce qu'on nomme assez improprement les *marbres durs*. Mais on ne fabrique guère de ces ornements aujourd'hui, parce que les matières exigent de grands frais pour être taillées et polies; on fait seulement quelques plaques, quelques chambranles, de petites colonnes, des vases que des particuliers même se donnent rarement à cause de leur prix élevé. Une des belles matières de ce genre est celle qu'on nomme *granite orbiculaire de Corse*. C'est une roche de feldspath et d'amphibole vert entremêlés, dans laquelle se dessinent de gros globules radiés et à couches concentriques formés

Digitized by Google

de ces deux mêmes matières. Ce qu'on nomme *porphyre orbiculaire de Corse* est un feldspath compacte, jaunâtre ou brunâtre, dans lequel se trouvent aussi de gros globules de même matière, radiés du centre à la circonférence; fort belle, sans doute, cette manière est cependant beaucoup au-dessous de la première. On pourrait employer le feldspath, vu sa fusibilité, pour fabriquer du verre blanc dans certaines localités; je ne sache pas cependant qu'on en ait fait usage sous ce rapport; mais on emploie les *perlites* dont nous parlerons tout à l'heure, et les verres blancs qu'ils produisent ont un assez grand degré de solidité.

§ 243. *Appendice aux feldspaths.* On est conduit à placer ici beaucoup de matières dont la composition est assez mal connue, mais qui renferment à peu près les mêmes éléments que les feldspaths, et, comme ces substances, sont fusibles en émail blanc. Ce sont celles qu'on désigne sous les noms d'*obsidienne,* de *marékanite*, de *perlite*, de *sphérolite* et de *ponce*, qui toutes appartiennent aux dépôts trachytiques, ainsi que le *rétinite*, et ses diverses modifications lithoïdes, qu'on trouve en filons ou en amas dans les terrains de sédiment inférieurs.

Les obsidiennes sont des matières vitreuses, le plus souvent noires, qui se boursouflent presque toujours très-fortement au feu, et qui dans la nature passent à des ponces boursouflées. Le perlite est une matière à structure testacée, plus ou moins nacrée, et qui tient de la nature vitreuse. La marékanite se présente en globules plus ou moins vitreux dans le perlite, et la sphérolite s'y trouve en globules lithoïdes, striés du centre à la circonférence. La ponce se rattache à l'une et à l'autre de ces matières et en outre à beaucoup d'autres dépôts trachytiques. Elle existe surtout en fragments plus ou moins volumineux qui forment de très-grands dépôts nommés *conglomérats ponceux*, évidemment remaniés par les eaux dans beaucoup de cas, autour des groupes de trachytes.

Les rétinites sont en principe des matières vitreuses qui se trouvent dans les grès houillers et les grès rouges, § 137, *note,* et en relation avec des épanchements porphyriques. Jamais les rétinites ne passent à la ponce, mais bien à des matières lithoïdes, à des mélaphyres, etc.

§ 244. *Décomposition naturelle.* Les matières feldspathiques, ainsi que plusieurs de celles que nous y rattachons par appendice, se trouvent aussi dans la nature à l'état de décomposition et réduites en matière terreuse. Ce n'est pas seulement une désagrégation, car il y a eu soustraction d'un silicate de potasse qui, dans l'orthose ou l'albite, est de la formule $K\,Si^9$ ou $Na\,Si^9$, de sorte

Digitized by Google

qu'il reste un silicate simple *Al Si*. Or, il est remarquable que le premier de ces silicates est soluble dans l'eau à 200 degrés, et qu'à cette température le feldspath est décomposé en deux corps, l'un insoluble *Al Si*, l'autre soluble.

Cette remarque, importante sous le rapport théorique, peut conduire à l'idée que la décomposition ne se fait pas journellement comme on l'a pensé, et qu'elle a eu lieu dans l'intérieur même de la terre avant le soulèvement de ces masses, sous la pression d'environ 15 atmosphères.

Quoi qu'il en soit, l'orthose, l'albite, la ponce, sont fréquemment décomposées et produisent des substances assez analogues entre elles, qu'on nomme en général *kaolin :* c'est l'espèce d'argile qu'on emploie pour la fabrication de la porcelaine en France. Il y a de grands dépôts de kaolin dans le Limousin, surtout dans les environs de Saint-Yriex, et c'est ce qui a donné lieu aux nombreuses fabriques du pays. La porcelaine, surtout celle qui est cuite à grand feu, est une poterie non-seulement très-belle, mais encore très-dure ; et pour que rien n'y manque, le vernis qui la recouvre est le feldspath lui-même, non altéré, que l'on désigne alors sous le nom de *pétunzé*.

Genre Grenat.

§ 245. On nomme *grenats* des matières qui cristallisent dans le système cubique, et généralement en dodécaèdres rhomboïdaux, ou en trapézoèdres, qui sont toutes susceptibles de rayer le quarz, qui sont fusibles au chalumeau et qui présentent la même formule de composition, quoique les unes soient à base de chaux, les autres à base de protoxyde de manganèse, etc. Souvent tous ces composés sont mélangés ensemble dans le même cristal, et les couleurs sont, par suite de cela, très-variables. Le plus communément ce sont des teintes rouges plus ou moins foncées, qui appartiennent particulièrement à l'*almandine ;* mais il y a aussi des grenats jaunâtres ou verdâtres qui sont, le plus souvent, des *grossulaires*, ou bien bruns et noirs qui constituent la *spessartine* et la *mélanite*.

Les grenats sont presque toujours cristallisés, et alors abondamment disséminés dans les diverses roches de cristallisation, principalement dans les micaschistes, les gneiss, les pegmatites, les schistes argileux, et dans les roches serpentineuses (voyez plus loin). Plus rarement ils sont dans les calcaires qui avoisinent les terrains de cristallisation. On en trouve aussi dans les terrains trachytiques, basaltiques et volcaniques modernes ; dans ces derniers, ce sont le plus souvent des grenats à base de peroxyde de fer, c'est-à-dire l'espèce qu'on a nommée *mélanite*.

Digitized by Google

On trouve aussi le grenat en petites masses avec la structure granulaire plus ou moins fine, et même à l'état compacte et lithoïde; quelquefois il constitue alors de petites couches au milieu des micaschistes.

Les grenats des diverses teintes rouges sont très-recherchés par les bijoutiers; ceux qui sont d'un rouge de feu, ou violâtres, d'une belle teinte veloutée, sont désignés sous le nom de *grenat syrien*, *grenat oriental*, et forment probablement ce que les anciens appelaient *escarboucle;* ceux qui sont d'un rouge tirant plus ou moins sur l'orangé sont désignés sous le nom d'*hyacinte*. Toutes ces pierres sont souvent d'un prix assez élevé.

Idocrase

§ 246. Les idocrases sont des matières assez analogues aux grenats, mais qui diffèrent par les proportions des composants, et qui cristallisent en prismes carrés. Comme les grenats, il y en a de diverses bases, mais qui sont toujours plus ou moins mélangées. Elles sont en général à base de chaux et de protoxyde de fer, et vertes ou brunes; quelquefois à base de magnésie, et alors blanches ou jaunâtres; à base d'oxyde de cuivre et présentant une teinte bleue qui leur a valu le nom de *cyprine*.

Ces matières, qu'on connaît le plus souvent cristallisées, mais qu'on trouve aussi en masses bacillaires, fibreuses, granulaires et compactes, se trouvent dans les mêmes gisements que les grenats, et fréquemment avec eux. On en trouve beaucoup dans les morceaux et les blocs de dolomie qui existent dans les agglomérats dont la base du Vésuve, ou ce qu'on appelle la *Somma*, est entourée. Elles forment quelquefois, comme le grenat, des couches minces au milieu des micaschistes, et principalement en Piémont.

§ 247. La *cérine*, qui présente la même formule de composition que l'idocrase, et qui cristallise peut-être de même, en prismes carrés, est une substance d'un noir brunâtre, rayant le verre, qui dans les analyses connues renferme 28 p. 100 de cérium. Elle se trouve dans les mines de cuivre de Saint-Gorans à Rhyddarhytta en Suède, avec le simple silicate hydraté, ou *cérérite*, d'un rouge brunâtre qui renferme 68 de cérium, § 271. Celui-ci est plus abondant que le premier, et presque le seul avec lequel on prépare le *cérium* dans les laboratoires.

Genre Épidote.

§ 248. Les épidotes se trouvent partagées en deux espèces, dont l'une, le *zoisite*, à base de chaux, est grisâtre; et dont l'autre, la

Digitized by Google

thallite, à base de protoxyde de fer, est d'un vert foncé. C'est celle-ci qui est la plus commune, et qu'on rencontre très-fréquemment dans les terrains granitiques alpins. Elle se présente ordinairement en prismes allongés, le plus souvent groupés les uns sur les autres et formant des masses bacillaires qui remplissent les fissures des roches. Elle se trouve quelquefois aussi en filaments extrêmement ténus, qui forment une espèce d'amiante ou d'asbeste qu'on a nommée quelquefois *amiantoïde*. A l'état compacte elle se mélange parfois avec le quarz et constitue des couches ou des amas plus ou moins puissants. Elle forme aussi de petits nids disséminés dans les roches, et de petits rognons dans les amygdaloïdes.

On connaît cette substance presque partout; mais en France les environs du bourg d'Oisan ont fourni de belles masses bacillaires. En Suède, en Norwége, les mines de fer, qui appartienent aux formations cristallines, en ont présenté souvent de beaux cristaux plus ou moins volumineux.

Émeraude. — *Béril, aigue marine.*

§ 249. Substance vitreuse, rayant le quarz et rayée par la topaze, cristallisant en prismes à base d'hexagone régulier.

Fusible au chalumeau en émail blanc. Renfermant de la glucine.

Cette substance se trouve généralement cristallisée, et c'est toujours le prisme hexagone qui domine. Ce prisme est très-rarement terminé par des pyramides, mais souvent il se trouve déformé et devient cylindroïde. Les parties amorphes qu'on rencontre quelquefois dans les collections sont des fragments de gros prismes.

Les couleurs sont variées; il y a des émeraudes limpides, ou opaques et incolores; d'autres sont jaunes, vert-bouteille et bleuâtres. Rarement elles présentent un beau vert, qui est dû alors à l'oxyde de chrome.

Gisement. — L'émeraude se trouve en général disséminée; elle appartient particulièrement à l'espèce de granite nommée pegmatite. Quelquefois on la trouve dans le gneiss. La belle émeraude verte se trouve au Pérou dans un schiste argileux lié avec des calcaires. Assez souvent l'émeraude est hors de place dans des dépôts arénacés qui proviennent de la destruction des roches que nous venons d'indiquer. C'est une matière assez commune, qu'on trouve en France en grande quantité dans les pegmatites du Limousin; il n'est pas rare dans le pays de la trouver en morceaux brisés dans les tas de pierres réunies pour l'entretien des routes.

Digitized by Google

Usage. — On emploie pour la bijouterie l'émeraude verte du Pérou, certaines variétés bleuâtres qu'on nomme *aigues-marines*, et les variétés vert-jaunâtre qu'on nomme *béril*. La première est la seule qui ait quelque valeur ; elle est même d'un prix très-élevé lorsqu'étant assez grande elle ne présente aucun défaut.

B. *Silicates alumineux doubles hydratés, à base calcaire ou alcaline.*

§ 250. Toutes les matières de ce groupe ont entre elles beaucoup de ressemblance, et dans le principe ont été confondues en une seule espèce nommée *zéolite*, parce qu'elle fondait au chalumeau avec bouillonnement. Elles donnent toutes de l'eau par calcination, puisqu'elles sont hydratées ; elles sont toutes solubles en gelées dans les acides, soit à froid, soit à chaud ; presque toutes sont à base de chaux, et par conséquent la solution précipite par l'oxalate d'ammoniaque, soit avant, soit après la séparation de l'alumine. Elles sont généralement blanches, et quelquefois seulement colorées en rouge par le mélange de peroxyde de fer. Leur dureté est peu considérable, car presque toutes sont incapables de rayer le verre.

Sous le rapport de la cristallisation, une seule de ces substances, l'*analcime*, appartient au système cubique et en offre la plupart des modifications ; une autre, la *chabasie*, se trouve en rhomboèdres assez rapprochés du cube, et l'*hydrolite* en prisme hexagone régulier. Deux, la *scolezite* et la *thomsonite*, se rapportent au prisme à bases carrées ; plusieurs au système droit rectangulaire ou rhomboïdal, comme la *stilbite*, et la *mésotype* ; et trois au système prismatique oblique, telles que la *laumonite*, la *heulandite*, la *brewstérite*. On peut donc les distinguer facilement, lorsqu'elles sont cristallisées, les unes des autres ; mais elles se trouvent fréquemment en petites masses fibreuses, et il n'y a plus alors absolument qu'une analyse exacte qui puisse permettre la distinction.

Ajoutons maintenant que ces matières se trouvent toutes dans le même gisement, et que souvent elles sont réunies ensemble. Elles appartiennent en général aux amygdaloïdes, aux basaltes, aux tufs basaltiques, et remplissent souvent les cavités qui s'y trouvent.

Quelques-unes cependant se trouvent aussi dans les fissures du granite protogyne, comme la stilbite et la laumonite, ou dans les filons métallifères qui offrent les deux substances que nous venons de citer, et en outre l'harmotome et la brewstérite.

Les plus communes de ces matières sont la mésotype, la scole-

Digitized by Google

zite, l'analcime, la chabasie et la stilbite. Ce sont aussi celles qu'on rencontre le plus fréquemment dans les collections.

C. *Silicates alumineux chloritiques.*

§ 251. Les matières que leurs couleurs ont fait désigner sous les noms de *chlorites* et de *terres vertes* renferment toutes une quantité plus ou moins grande de silicate de protoxyde de fer ; le plus souvent ce silicate est combiné avec des silicates d'alumine de diverses espèces. Quelquefois aussi il est seul, ou plutôt mélangé avec des silicates isomorphes de chaux, de magnésie, etc., comme dans la *chloropale*, les *terres vertes* de Chypre et du calcaire parisien. Toutes ces matières forment par leur combinaison un assez grand nombre d'espèces distinctes, mais qu'il est difficile de caractériser extérieurement.

Les terres vertes, alumineuses ou non, sont des matières terreuses plus ou moins solides : les unes d'un vert jaunâtre, les autres d'un vert bleuâtre, avec toutes les nuances intermédiaires. Les chlorites sont des matières composées de petites lamelles, ou écailles, d'un vert ordinairement foncé, accumulées les unes sur les autres.

On trouve en général les chlorites dans les terrains granitiques ; elles sont abondantes dans les Alpes, en nids, en amas, et quelquefois en couches. Les terres vertes se trouvent souvent dans les roches amygdaloïdes, en rognons plus ou moins volumineux, quelquefois avec les zéolites, ou les rognons siliceux, qu'elles enveloppent d'une couche plus ou moins épaisse. Elles sont abondantes dans les sables qui préludent à la craie, et qu'on nomme à cause de cela *sables verts*, ainsi que dans les parties inférieures de cette espèce de calcaire, qu'elles colorent en vert plus ou moins foncé ; elles y sont souvent sous la forme de petits grains disséminés. On les retrouve également à la base des calcaires parisiens, tantôt en petites couches sableuses entre leurs bancs, tantôt disséminées ; mais souvent alors elles ne renferment pas d'alumine.

Quelques matières vertes analogues aux précédentes, tant par les caractères extérieurs que par la composition, offrent des traces de cristallisation ; telles sont l'*hisingérite* et la *sidéroschisolite*, qui ont aussi chacune leur formule particulière.

Les terres vertes ont été quelquefois employées en peinture ; la plus renommée est la *terre de Vérone*, qui, broyée et lavée, produit une belle couleur fort recherchée ; les terres vertes de la craie préparée de même produisent aussi de fort beaux effets.

Digitized by Google

§ 252. La *pimelite,* qui renferme du silicate de nickel, est encore une matière analogue, mais de couleur vert-émeraude, elle accompagne le silex chrysophrase à Kosemütz en Silésie.

La *carpholite,* substance fibreuse, jaune de paille, d'où est dérivé son nom, est un autre hydrate où le protoxyde de manganèse remplace le protoxyde de fer. Elle se trouve dans le granite avec le fluor à Schlakenwald en Bohême.

D. *Alumino-silicates.*

§ 253. Ici la silice seule ne suffit pas pour saturer les oxydes suivant les lois connues, et l'on est obligé de supposer que l'alumine même fait fonction d'acide dans les composés, comme nous l'avons vu dans d'autres cas, § 134.

Nous ne mentionnerions pas ce groupe, si deux des substances qu'il renferme, la *chamoisite* et la *berthiérine*, ne présentaient des minerais de fer exploités. Le premier forme des gîtes dans le calcaire de la montagne de Chamoison dans le Valais, et dans les environs de Quintin en Bretagne; l'autre est mélangé, et souvent en assez grande quantité, dans les minerais de fer en grains de la Champagne, et particulièrement dans ceux d'Hayange (Moselle). Ils sont l'un et l'autre en grains gris-verdâtre et noir-bleuâtre, et tous deux attirables à l'aimant.

E. *Silicates alumineux doubles, fluorifères*, ou *micas divers.*

Donnant les indices du fluor dans le tube de verre par la fusion avec le sel de phosphore.

§ 254. On a nommé *micas* (de *micare*, briller) des matières susceptibles de se diviser en feuillets élastiques aussi minces qu'on peut le désirer, et dont les surfaces sont toujours très-brillantes; mais sous ces caractères peu importants, on confond certainement un assez grand nombre de substances très-différentes.

Il y a des micas qui n'ont qu'un axe de double rétraction, § 69, attractif pour les uns et répulsif pour les autres, § 70. Il en est, et c'est le plus grand nombre, qui ont au contraire deux axes de double réfraction, et qui varient considérablement sous le rapport de leurs degrés d'écartement. Ces caractères, faciles à observer parce que les feuillets sont naturellement perpendiculaires à l'axe, ou à la ligne moyenne des deux axes, indiquent des différences essentielles de cristallisation, et évidemment diverses espèces particulières dans chaque groupe cristallin.

Digitized by Google

La composition n'est pas moins différente : d'une part, certains micas renferment de la lithine, d'autres de la potasse et une quantité plus ou moins considérable de magnésie; de plus, dans le grand nombre d'analyses que nous connaissons, il y a à faire une multitude de divisions et de sous-divisions sous le rapport des quantités relatives. Certains micas, qui sont alors noirs ou très-foncés en couleur, renferment une grande quantité de peroxyde de fer, qui remplace, à ce qu'il paraît, l'alumine.

Le fluor, dont on ignore ici le rôle, se trouve aussi en quantité variable depuis 3 millièmes jusqu'à 80; et cependant il ne manque dans aucune des analyses faites récemment, ni dans aucun des micas soumis aux essais, § 99, 6°.

Les micas magnésiens, généralement plus doux au toucher que les autres, et moins élastiques, sont presque tous des micas à un axe; tous les autres en présentent deux.

Les micas à base de lithine ont été souvent désignés sous le nom de *lépidolite*, parce que les petites masses qu'ils présentent sont en général composées de lamelles très-brillantes, nacrées, blanches, roses, violâtres, verdâtres, et qu'on les a comparées aux écailles que portent les ailes des papillons.

On trouve assez souvent le mica cristallisé, mais rarement en cristaux bien nets; il en est qui paraissent présenter des prismes à bases d'hexagones réguliers, d'autres qui sont en prismes rhomboïdaux presque toujours obliques, soit que cela résulte de ce que les cristaux sont déformés, soit qu'en effet ils appartiennent aux systèmes obliques. Quelquefois les cristaux sont réunis en masses globulaires qui sont comme composées d'écailles; ailleurs ce sont des lamelles entassées pêle-mêle, ou réunies de manière à former des fibres ou des dispositions palmées. Enfin, le mica se trouve quelquefois en assez grandes feuilles qui ressemblent à du verre a vitres.

Les couleurs varient du noir au vert-foncé, au vert-clair, au brun, au rouge; du blanc au grisâtre, au jaunâtre, au rose, au violet, etc.

Gisement et usage. — Le mica appartient essentiellement aux terrains de cristallisation. Il entre dans la composition des granites, des gneiss, des micaschistes, des hyalomictes, des leptinites, § 133, *note*, 233, 241, et il forme, par l'accumulation d'une multitude de paillettes disposées à plat, la plupart de ce qu'on appelle les schistes argileux; on distingue ces paillettes jusque dans l'ardoise. Il se trouve fréquemment en quantités plus ou moins grandes dans les calcaires qui sont enclavés dans les terrains de cristallisation, § 218.

Digitized by Google

On le trouve encore dans les trachytes, les basaltes, les tufs basaltiques.

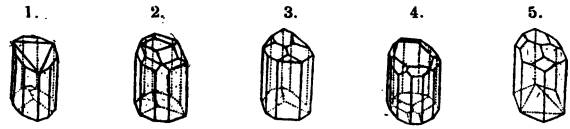
Presque toutes les matières sableuses des dépôts de sédiment renferment des paillettes de mica disséminées, qui se distinguent par leur éclat argenté ou doré ; ce sont ces paillettes que le vulgaire a prises souvent pour de l'argent ou de l'or ; les sables mêmes des derniers dépôts parisiens en sont remplis dans certains points et pour ainsi dire formés.

Le mica est de peu d'usage ; on emploie les grandes feuilles comme verre à vitre sur les bâtiments de la marine russe, et il s'en fait sous ce rapport une grande exploitation en Sibérie. Du reste, c'est le mica, et particulièrement la variété nommée Lépidolite, qui forme les poudres brillante, argentée, dorée, rosâtre, dont on se sert pour sécher l'écriture.

F. *Silicates alumineux doubles borifères.*

§ 255. Ces sortes de silicates sont peu nombreux, mais il se trouve parmi eux une substance que nous ne pouvons passer sous silence : c'est la *tourmaline*, connue depuis long-temps sous le nom de *schorl électrique*, une des substances qui acquièrent par la chaleur l'électricité polaire, c'est-à-dire l'électricité positive à une des extrémités, et l'électricité négative à l'autre.

Cette substance se trouve toujours cristallisée, soit régulièrement, soit en cristaux déformés, tantôt isolés, tantôt groupés en masse bacillaire ; la cassure est vitreuse et n'offre aucune indice de clivage. Les cristaux, dont il y a de très-volumineux, appartiennent au système rhomboédrique, et se font remarquer par le manque de symétrie géométrique, § 44, 2°. Les prismes hexagones qu'ils présentent souvent ne sont modifiés que sur trois des arêtes latérales, fig. 1 ; et les sommets, lorsque les cristaux en sont pourvus, sont toujours différents l'un de l'autre, fig. 1 à 5, l'un présentant, par exemple, un rhomboèdre simple, l'autre un rhomboèdre modifié profondément à l'angle culminant ou sur les arêtes qui y concourent.



La tourmaline est encore la substance la plus remarquable sous le rapport de la faculté d'éteindre une des deux images produites

Digitized by Google

par la lumière qui la traverse; il ne lui faut qu'une très-faible épaisseur pour produire cet effet, même dans des variétés assez transparentes.

La tourmaline raie le quartz, mais elle est rayée par la topaze. Elle est difficilement fusible au chalumeau, du moins dans certaines variétés.

Sa composition est tout aussi mal connue que celle des micas; l'acide borique, qui se trouve dans toutes les analyses, y varie depuis un centième jusqu'à neuf, et le rôle qu'il joue est tout à fait inconnu. Dans les unes il y a de la lithine, dans les autres de la potasse ou de la soude, quelquefois deux de ces alcalis, et souvent de la chaux, de la magnésie, des oxydes de fer et de manganèse, et le tout sans qu'on puisse établir de formule de composition commune.

Il y a des tourmalines de toutes couleurs, de bleues, de vertes plus ou moins foncées, de rouges et de noires. Les variétés bleues sont nommées *indicolites*, et les rouges *rubellites;* l'une et l'autre renferment de la lithine, et elles sont souvent mélangées dans le même cristal, et par accroissements alternatifs. Les variétés noires ne paraissent renfermer que de la soude et de la potasse, et ce sont celles dans lesquelles on trouve le plus de magnésie. Ces variétés sont les plus communes, et elles se trouvent disséminées dans toutes les roches cristallines. C'est aux dépôts de pegmatites qu'appartiennent particulièrement les variétés bleues et vertes, quoique les noires s'y trouvent aussi abondamment. Les dolomies du Saint-Gothard nous en présentent d'un beau vert-clair que l'on ne trouve pas même ailleurs. Les débris des roches de cristallisation en renferment aussi de grandes quantités, et c'est du milieu d'eux qu'on tire surtout celles qu'on emploie dans la bijouterie; elles nous arrivent toutes taillées du Brésil, quelquefois aussi de Ceylan, où on les recueille dans les ruisseaux en même temps que les corindons et les spinelles.

Ces sortes de pierres sont en général peu estimées dans la joaillerie, et en effet la plupart ne produisent aucun effet, étant presque toujours très-sombres; cependant quelques variétés bleues, vertes et rouges, sont assez claires, assez transparentes pour imiter jusqu'à un certain point le saphir, l'émeraude, le rubis, et sont alors assez recherchées. La dernière surtout, lorsqu'elle est d'une belle teinte, exempte de glaces et de fibres, ce qui est très-rare, se vend aussi cher que le rubis lui-même.

§ 256. L'*axinite*, remarquable par ses cristaux tranchants, en forme de hache, ce qui lui a valu son nom, et par sa couleur vio-

Digitized by Google

lette, qu'elle doit au manganèse, est une belle substance de collection, surtout dans les variétés qui proviennent de l'Oisan, où elle se trouve dans les fissures des protogynes.

C. *Silicates alumineux doubles sulfurifères.*

§ 257. Une des circonstances remarquables de la composition des silicates est la présence de certains sulfures dans les uns, comme l'helvine et l'outremer, et des sulfates dans les autres. Ces matières sont sans doute à l'état de combinaisons, et jouent le rôle électro-positif, comme dans le kermès minéral, § 148, et dans divers composés de nos laboratoires.

La plus remarquable des substances de ce groupe est l'*outremer*, qu'on nomme fréquemment aussi *lapis-lazzuli* ou *lazulite;* c'est une matière d'un bleu plus ou moins intense, rayant le verre, qui se présente quelquefois, quoique rarement, en cristaux dodécaèdres rhomboïdaux; fusible en verre blanc, soluble en perdant sa couleur dans les acides.

Cette matière appartient aux terrains granitiques. On la cite en Sibérie, près du lac Baïkal; dans la petite Bucharie, au Thibet et dans plusieurs provinces de la Chine. Elle est fort recherchée et toujours d'un prix élevé lorsqu'elle est en masse un peu étendue. On l'emploie en placage, formé de pièces de rapport, pour des ornements intérieurs de chapelles ou autres objets; on recherche tantôt les variétés de teintes uniformes, tantôt celles qui sont mélangées de parties blanches, et quelquefois les variétés remplies de pyrites inaltérables, § 166, qui, se dessinant en jaune d'or sur le fond bleu, produisent un assez bel effet.

§ 258. La *haüyne* est aussi une substance bleue qui cristallise de la même manière, qui perd aussi sa couleur par la fusion et par la solution dans un acide; mais on y trouve de l'acide sulfurique tout formé et des proportions différentes d'alumine. Cette substance est en petits nids ou en cristaux disséminés dans les laves, dans les basaltes et les tufs basaltiques, dans certaines roches trachytiques.

Silicates non alumineux.

Solution n'offrant plus par l'ammoniaque de précipité gélatineux attaquable par la potasse, mais précipitant de diverses manières par les différents réactifs.

§ 259. Parmi les corps qui se rapportent à ce groupe, nous avons particulièrement à considérer les silicates magnésiens, les uns anhydres, les autres hydratés, comme le *péridot*, le *talc*, les *serpen-*

Digitized by Google

tines et les *diallages*, la *stéatite* et la *magnésite,* qui sont fort communs à la surface du globe. Nous avons aussi quelques silicates doubles, comme la *diopside* et l'*hedendergite*, qui forment ce qu'on appelle les *pyroxènes*, ainsi que la *trémolite* et l'*actinote*, que l'on réunit souvent sous le nom d'*amphibole;* ces substances, sans former à elles seules de grands dépôts, sont du moins fort communes dans les diverses roches cristallines. Nous ajouterons la *calamine*, comme minerai de zinc; le *zircon*, qui est employé dans la joaillerie; la *gadolinite*, où, pour la première fois, on a rencontré l'yttria; la *cérérite*, avec laquelle se prépare presque toujours le *cérium;* et la *thorite,* qui renferme l'oxyde de thorinium.

Péridot. — *Olivive, chrysolite des volcans.*

§ 260. Substance vitreuse, le plus souvent verte, rayant difficilement le quarz. Infusible au chalumeau. Cristallisant en prismes rectangulaires diversement modifiées, mais se trouvant le plus souvent en petits rognons à structures granuliformes ou en petits grains irréguliers disséminés.

Le péridot se trouve en rognons quelquefois assez gros, et en grains disséminés dans le basalte, roche pour laquelle il est en quelque sorte caractéristique; nos basaltes de l'Auvergne, du Vélay et surtout du Vivarais, nous en présentent de nombreux exemples. On le trouve rarement dans les laves, et il n'en existe ni dans les roches trachytiques, ni dans les terrains de granite; mais il s'en trouve dans les cavités du fer météorique de Sibérie, § 136, et plusieurs pierres météoriques mêmes en renferment quelques grains.

On emploie quelquefois le péridot dans la joaillerie, mais c'est en général une pierre peu estimée; cependant, sa couleur vert-jaunâtre, assez éclatante, la rend agréable lorsqu'elle est bien taillée.

Talc, stéatite et magnésite.

§ 261. **Talc.** — Substance verdâtre, blanchâtre ou grisâtre, le plus souvent feuilletée, susceptible de se diviser en lames minces, et alors assez analogue au mica. Elle en diffère chimiquement par l'absence de l'alumine, et physiquement en ce qu'elle est douce et onctueuse au toucher, que les feuillets en sont moins élastiques. Cette matière se raie facilement par l'ongle; elle est très-difficilement fusible au chalumeau.

On connaît aussi le talc en petites masses composées d'écailles;

Digitized by Google

quelquefois il est compacte ; mais on confond souvent alors sous ce nom des *stéatites*, qui en diffèrent par la présence de l'eau.

Le talc ne forme pas de grandes masses ; il se trouve en amas, en filons même, dans différentes roches de cristallisation, et dans les calcaires qui y sont enclavés. Il faut remarquer qu'on désigne souvent sous ce nom les micas très-magnésiens qui se trouvent dans les protogynes des Alpes ; c'est à ces micas que se rapporte tout ce qu'on a indiqué comme talc cristallisé.

§ 262. **Stéatite.** — La stéatite, qu'on désigne aussi sous le nom de *craie de Briançon*, est une substance extrêmement onctueuse et grasse au toucher, compacte ou finement écailleuse, qu'on trouve quelquefois sous des formes empruntées, soit au cristal de roche, soit au carbonate de chaux, et ordinairement enveloppées dans la stéatite compacte.

Cette substance n'est que du talc hydraté, qui, par conséquent, donne de l'eau à la calcination ; elle se trouve dans les mêmes gisements, et cependant elle est plus abondante. C'est particulièrement de Briançon qu'on la tire pour former la poudre onctueuse qu'on emploie pour faire glisser les bottes, ou pour l'usage des tailleurs, qui s'en servent pour tracer sur le drap la coupe des habits.

§ 263. **Magnésite.** — C'est encore un talc hydraté, mais où la quantité d'eau est beaucoup plus grande. Au lieu d'être onctueuse, la poussière est, au contraire, sèche au toucher ; du reste, la matière est plus ou moins terreuse et toujours très-tendre, le plus souvent blanchâtre ou grisâtre.

La magnésite se trouve d'abord dans les serpentines, où elle forme des veines ou des rognons, comme en Piémont ; mais elle existe aussi dans les dépôts de sédiment supérieurs, et surtout dans les calcaires fluviatiles, comme aux environs de Paris, à Salinelle près de Montpellier, et près de Madrid en Espagne ; elle est partout accompagnée de matières siliceuses et surtout d'opale, et la masse terreuse qui enveloppe les ménilites, § 233, de Ménilmontant, près de Paris, en est presque entièrement formée.

Certaines variétés homogènes, compactes, qui proviennent de l'Asie mineure, sont employées, sous le nom d'*écume de mer*, pour fabriquer des pipes fort estimées dans le Levant, et qui sont toujours fort chères.

Serpentines *et* Diallages.

§ 264. **Serpentines.** — Les serpentines et les diallages sont des silicates de magnésie combinés avec des hydrates de la même base ; aussi sont-ils la plupart attaquables en partie par les acides. Cer-

Digitized by Google

taines substances de ce groupe, comme on le voit par le tableau, sont des bisilicates; les autres sont des talcs hydratifères.

Les serpentines sont des matières compactes, tendres, mais tenaces, à cassure plus ou moins esquilleuse et d'un éclat gras, dont la poussière, et souvent la masse même, est généralement douce au toucher. Elles sont presque infusibles au chalumeau, ne se fondant, et avec difficulté, que sur les bords des écailles fort minces. Prenant de la dureté en perdant l'eau combinée.

Les couleurs de la serpentine, généralement sombres, varient du vert au noir et au brun plus ou moins foncé; toutes les teintes se trouvent souvent réunies par taches, par espèces de veines, sur le même échantillon, ce qui donne à la matière quelque ressemblance avec une peau de serpent, d'où est venu le nom qu'on a imposé à ces matières. On nomme en général *serpentines nobles* les variétés dont les couleurs sont plus vives et plus tranchées, et qui ont un certain degré de translucidité.

Il faut bien remarquer que sous le nom de serpentine on confond souvent des matières très-différentes les unes des autres; si elles sont toutes très-magnésiennes, les proportions relatives de silice et de magnésie, ou d'hydrate de magnésie, sont très-variées. C'est ce qui constitue les matières nommées *marmolite*, *pikrolite*, *picrosmine*, *pyrallolite*, qu'on en a déjà séparées. Il y en a même qui renferment plus ou moins d'alumine, et qui doivent encore former des espèces particulières.

Les serpentines se trouvent dans toutes les positions géologiques. Souvent elles sont au milieu des terrains de cristallisation, soit isolées, soit mélangées avec des calcaires qui y sont enclavés, et formant des marbres composés, § 220. Ailleurs, plus ou moins éloignées des dépôts ordinaires de cristallisation, elles sont en liaison avec des calcaires de divers âges, et qui paraissent même quelquefois assez modernes; elles forment des collines plus ou moins élevées, dont souvent alors on voit un certain nombre sur la même direction, et dans le voisinage desquelles se trouve souvent du gypse, § 178.

Ces matières sont abondantes à la surface de la terre; il en existe en Bretagne, en Limousin, dans les Pyrénées; les Alpes en renferment dans un grand nombre de lieux, et surtout dans les parties qui regardent l'Italie; toute la côte de Gênes en est en quelque sorte formée. La Saxe en présente des dépôts considérables, surtout aux environs de Zœblitz. L'Angleterre, l'Écosse, l'Amérique septentrionale, etc., en offrent également beaucoup; on en cite en Afrique, en Asie, etc.

Digitized by Google

Dans les lieux où les serpentines sont abondantes, on les emploie à divers usages. Nous avons déjà fait remarquer les marbres serpentineux et diallagiques de la côte de Gênes, § 220. Les serpentines pures sont de même employées en tables, en plaques, en colonnes, qui ont d'un assez bel effet lorsqu'on choisit les variétés les plus vives de couleurs; on en fait aussi beaucoup de petits ouvrages, comme vases de diverses sortes, socles de pendules, etc., qui forment surtout un objet d'industrie important pour la contrée de Zœblitz en Saxe. Une variété grise, qui a beaucoup de ténacité, qui se taille encore plus facilement que les autres, surtout en sortant de la carrière, et qu'on nomme *pierre ollaire*, est employée, de temps immémorial, à la confection d'une poterie particulière d'un très-bon usage; on la taille, on la tourne et on en fait ainsi de la vaisselle, et surtout des marmites, des poêlons, etc., qui sont minces et par conséquent légers, quoique fort solides, qui résistent bien au feu et ne donnent aucun mauvais goût aux aliments. Il s'en fait surtout une grande quantité dans la Valteline et le canton suisse des Grisons; c'est la ville de Côme qui en est l'entrepôt, et de là il s'en répand dans plusieurs parties de l'Italie et dans la Suisse.

§ 265. **Diallages**. — Les diallages sont des matières fort analogues aux serpentines, mais qui sont susceptibles d'un clivage suivant lequel elles sont plus ou moins nacrées; dans les autres sens, la cassure est compacte, plus ou moins esquilleuse, terne ou céroïde. Ils sont aussi très-tendres, à poussière douce au toucher; ils sont la plupart plus fusibles au chalumeau que la serpentine, surtout dans les variétés où le protoxyde de fer, qui remplace la magnésie, devient plus abondant. Il y a plusieurs espèces dans ces substances comme dans les serpentines, et ces espèces diffèrent par l'ordre de l'hydrate ou par l'ordre du silicate. Il y a aussi des matières qui ont de l'analogie avec les diallages, mais qui en diffèrent en ce qu'elles sont anhydres; telles sont les bronzites, qui se distinguent aussi en diverses espèces, d'après la composition.

Les diallages ne forment pas à eux seuls de dépôts à la surface du globe; ils appartiennent aux dépôts de serpentines, dans lesquels ils sont en général disséminés, ou en nids tellement empâtés qu'il est souvent impossible de les distinguer. Ils forment aussi, avec l'albite compacte, des roches que nous avons désignées sous le nom d'euphotides, § 241.

Digitized by Google

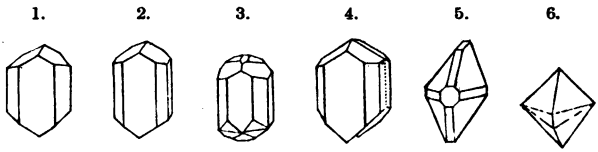
Genre Pyroxène.

§ 266. On nomme *pyroxène*, mot dont il faut tout à fait oublier la signification, des substances blanches, vertes ou noires, qui cristallisent en prismes obliques, qui sont clivables, les uns parallèlement aux pans d'un prisme rectangulaire, les autres aux pans d'un prisme rhomboïdal de 92° 55; les bases du prisme, que le clivage présente quelquefois aussi, sont inclinées à l'axe de 106° à 106° ½. Ces substances rayent difficilement le verre et sont toutes rayées par le quarz; elles sont fusibles au chalumeau, en verre incolore ou coloré, suivant qu'elles sont privées d'oxyde de fer ou qu'elles en renferment une plus ou moins grande quantité.

On nomme particulièrement *diopside* des variétés blanches ou d'une couleur verte peu foncée, qui ne renferment que de la chaux ou de la magnésie, ou une légère quantité de protoxyde de fer. L'*hedenbergite*, d'un vert foncé et quelquefois presque noir, ne renferme, au contraire, que du protoxyde de fer avec peu de magnésie ou même pas.

On nomme particulièrement *augite* des variétés noires, toujours à poussière brune, dont le clivage, parallèlement au prisme rhomboïdal, est plus apparent, et qui se trouvent particulièrement dans les laves et les produits basaltiques; la composition en est généralement altérée, mais les caractères cristallographiques sont les mêmes, si ce n'est qu'en général les formes sont plus simples.

Les pyroxènes se présentent presque toujours cristallisés; les cristaux les plus communs sont des prismes octogones obliques, des prismes divers terminés par des sommets dièdres obliques, fig. 1, 2, 3, souvent des cristaux groupés de ces espèces, fig. 4 : ce sont là en général les cristaux noirs des volcans. Ils se présentent quelquefois aussi en octaèdres irréguliers plus ou moins modifiés, fig. 5 et 6; ce sont des variétés qu'on trouve au Tyrol, et qui ont



reçu le nom de *fassaïte*. Cependant, on trouve aussi les pyroxènes, et particulièrement les variétés vertes, en petites masses bacil-

Digitized by Google

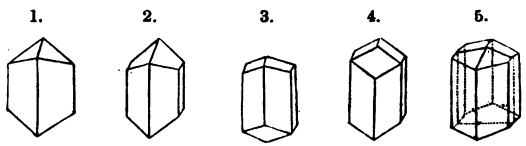
laires, lamellaires, granulaires et compactes; mais alors il faut une grande habitude pour les distinguer de beaucoup d'autres substances, et il n'y a même que l'analyse qui puisse fournir un caractère net et précis.

Les pyroxènes forment quelquefois des veines, des filons, dans les roches de cristallisation; ailleurs, ils sont disséminés dans des calcaires enclavés au milieu de ces terrains, dans les dolomies, dans les grands dépôts de fer magnétique. L'augite, comme nous l'avons annoncé, se trouve particulièrement dans les laves des volcans anciens et modernes, dans les basaltes, rarement dans les roches trachytiques. Les volcans en ont quelquefois rejeté avec profusion en cristaux isolés, qu'on trouve sur leurs flancs. Ces pyroxènes noirs sont parties constituantes de la roche plus ou moins granitoïde, nommée *dolérite*, où ils sont mélangés avec le labradorite, § 241; ce sont eux qui colorent les basaltes et les mélaphyres en noir.

Genre Amphibole.

§ 267. On nomme amphibole des substances blanches, vertes ou noires, fort analogues aux pyroxènes, susceptibles aussi de clivages parallèles aux pans d'un prisme rhomboïdal; mais les inclinaisons des faces sont de 124° à 127°. La composition présente aussi les mêmes éléments que les pyroxènes, mais réunis dans des proportions différentes.

On nomme particulièrement *trémolite* des variétés blanches ou légèrement verdâtres, qui ne renferment que de la chaux et de la magnésie. On nomme *actinote* les variétés d'un vert foncé où la magnésie est remplacée en tout ou en partie par le protoxyde de fer. Les Allemands ont donné le nom de *hornblende*, qu'on emploie fréquemment aussi en français, aux variétés noires qui, comme l'augite, se trouvent particulièrement dans les laves, les basaltes et les roches trachytiques, et dont la composition est assez généralement altérée.



La trémolite se trouve en prismes rhomboïdaux plus ou moins

Digitized by Google

allongés, mais dont les sommets sont toujours frustes ; l'actinote est en prismes du même genre plus ou moins modifiés, et à sommets diédres, qui ressemblent beaucoup à des cristaux de pyroxène allongés, mais qui sont plus obtus. La hornblende est en cristaux réguliers et proportionnés, soit fig. 1 et 2, soit avec trois faces à chaque sommet, fig. 3 ou 4. Les groupes que l'on connaît ne ressemblent pas à ceux des pyroxènes ; ils n'ont pas d'angles rentrants et se présentent, fig. 4, comme résultant du groupement de deux cristaux, fig. 5, en sens inverse.

On trouve aussi les amphiboles en masses bacillaires ou fibreuses, à fibres droites, divergentes ou entrelacées ; à cet état, l'actinote forme particulièrement des masses, quelquefois considérables, des dépôts ou des couches ; il s'en trouve aussi en masses lamellaires.

Les amphiboles appartiennent à peu près à tous les dépôts de cristallisation, et l'actinote surtout y forme quelquefois des couches subordonnées, ou des dépôts plus ou moins considérables où il se trouve en même temps du mica, du feldspath, des grenats, etc. Le quarz est fréquemment rempli d'actinote disséminé et forme des roches plus ou moins schistoïdes particulières ; quelquefois les calcaires enclavés dans des terrains cristallins en sont aussi remplis. Nous avons vu que, mêlée avec l'orthose ou l'albite, elle forme les siénites ou les diorites, § 241. Cette matière est beaucoup plus commune dans les terrains trachytiques que les pyroxènes. Il est à remarquer qu'en fondant de l'actinote dans un creuset on obtient par refroidissement lent une matière qui présente les clivages des pyroxènes, d'où il semble résulter une grande analogie entre les deux matières, qui peut-être ne diffèrent réellement que par la cristallisation, malgré les proportions différentes que présentent les analyses.

§ 268. **Asbeste et amiante.** — C'est en grande partie aux substances magnésiennes que nous venons de citer que se rapportent les matières fibreuses qu'on désigne sous les noms d'*asbeste* et d'*amiante*. Les dépôts de serpentine présentent souvent des fissures qui sont remplies de ces matières fibreuses, tantôt à fibres assez grossières, tantôt, au contraire, à fibres fines et souples comme de l'étoupe de soie : ces matières sont des silicates magnésiens, la plupart hydratés ou hydratifères, et quelques-uns anhydres. On voit quelquefois les passages de la serpentine ou des diallages à ces sortes de substances.

Les pyroxènes offrent aussi des passages à des matières fibreuses souples qui semblent en être des variétés ; mais ce sont surtout les trémolites qui présentent assez fréquemment ces sortes de modifications ; il en résulte des masses fibreuses à fibres peu adhé-

Digitized by Google

rentes qui sont de véritables asbestes. Celles-ci diffèrent beaucoup de celles qui proviennent des matières purement magnésiennes, en ce que les fibres en sont toujours très-roides, cassantes, et telles qu'en les brisant les mains se remplissent de petites pointes qui font éprouver une certaine douleur. Il paraît cependant que ces asbestes roides n'appartiennent pas toutes à la trémolite, et qu'elles en contiennent seulement les éléments réunis en d'autres proportions. Rappelons-nous aussi que nous avons vu des asbestes qui proviennent de l'épidote, § 248.

Silicates divers.

§ 269. Zircon, Substance vitreuse, presque toujours transparente, le plus souvent rouge, quelquefois jaunâtre, bleuâtre et même incolore; d'un éclat gras particulier qui rappelle l'éclat du diamant; toujours cristallisée, et offrant des prismes à bases carrées, ordinairement pyramidés et modifiés de diverses manières, très-rarement en octaèdres, qui sont alors très-surbaissés.

Assez dure pour rayer le quarz, mais rayée par la topaze; infusible au chalumeau, mais perdant ses couleurs par l'action du feu.

Le zircon ne se trouve que disséminé; il existe dans les siénites et dans les gneiss qui en dépendent, dans les basaltes et les tufs basaltiques, et rarement dans les trachytes. Il se trouve, et souvent en assez grande quantité, dans les sables des ruisseaux qui traversent ces derniers terrains : c'est ainsi qu'on en rencontre près du Puy-en-Velay, au Riou-Pézeliou, et qu'il existe à Ceylan, où on l'a d'abord remarqué.

Cette substance est quelquefois employée dans la joaillerie, mais, à l'exception de quelques pierres bien choisies, elle produit en général très-peu d'effet. C'est du zircon qu'on extrait la zircone pour l'usage des laboratoires.

§ 270. Gadolinite. Substance noire, vitreuse, rayant le verre avec facilité, fusible au chalumeau, en verre opaque; indiquée en prismes obliques rhomboïdaux qui sont du moins très-rares.

Elle ne se trouve dans la nature qu'en très-petite quantité, disséminée dans les pegmatites, et n'a encore été observée qu'en Suède, aux environs de Fahlun et à Ytterby. C'est la substance dont on tire l'*yttria;* elle en renferme de 45 à 55 pour 100, suivant qu'elle est plus ou moins mélangée de matières étrangères.

§ 271. Cérérite. Substance rosâtre, ou violâtre, tirant au brun ou au gris, très-pesante, rayant difficilement le verre, donnant de l'eau par calcination et infusible au chalumeau.

Digitized by Google

C'est de cette matière qu'on extrait principalement le cérium. Elle se trouve dans les mines de cuivre de Saint-Gorans à Ryddarhytta en Suède, avec la cérine.

§ 272. Thorite. C'est une substance noire, vitreuse, rayant le verre, qui donne de l'eau par calcination, et prend alors une couleur jaune. Elle forme des nids dans les siénites de l'île de Loewen en Norwége ; c'est encore la seule matière dans laquelle on ait trouvé l'oxyde de thorinium, qui se rapproche de la zircone et de l'alumine.

§ 273. Calamine. Matière blanchâtre ou jaunâtre, rayant seulement la fluorine ; donnant de l'eau par calcination, mais infusible au chalumeau ; soluble en gelée dans les acides, solution donnant les indices du zinc, § 101, 4°. Elle cristallise dans le système prismatique rectangulaire, et le plus souvent en petites tables rectangulaires biselées de diverses manières. On la trouve aussi en petites masses stalactitiques et mamelonnées, en petites masses fibreuses, qui ressemblent fréquemment aux zéolites, § 250, ou bien en masse lamellaire compacte, souvent caverneuse, ou enfin terreuse.

Cette substance se trouve assez souvent comme matière accidentelle dans les gîtes métallifères, principalement avec les minerais de plomb et de cuivre ; mais elle forme aussi de grands amas à elle seule dans les terrains de sédiment depuis la formation carbonifère jusqu'au lias. Elle est alors exploitée avec avantage pour la préparation du zinc et du laiton, et elle présente un minerai facile à traiter, qui renferme jusqu'à 68 pour 100 d'oxyde de zinc. Il en existe de grands dépôts dans la Haute-Silésie, en Belgique, principalement près d'Aix-la-Chapelle, où se trouvent les mines de la Vieille-Montagne, et dans le pays de Juliers. Nous en avons en France, à Montalet près d'Uzès, à Combecave près de Figeac, dont on pourrait peut-être tirer parti. C'est cependant encore de Belgique que nous arrive tout le zinc métallique dont nous nous servons.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE.

A

Accroissement des corps bruts. 3. — des cristaux de diverses formes. 60.
Acerdèse. 128, 166.
Acides divers, leurs caractères. 97 à 99. acide arsénique et ses combinaisons. 133, 176.—carbonique. 236.—borique. 251. — chlorhydrique. 203. — molybdique et ses combinaisons. 129, 168. — phosphorique, ses combinaisons. 133. 177. — succinique. 230. — sulfurique, ses combinaisons. 138-193.
Acier natif. 159. — Mine d'acier. 247.
Actinote. 147, 285.
Agate (voyez Calcédoine). 254.
Agglutination (forme d'). 54
Aigue marine. 272.
Aimant. 128, 163.
Albâtre calcaire. 245. — gypseux. 197.
Albite. 144, 265.
Alcalis, comment on reconnaît leur présence. 102. Alcali minéral. 250.
Almandine. 142, 270.
Alquifoux. 184.
Alumine, comment on reconnaît sa présence. 99, 102. — Ses combinaisons. 129, 135, 139, 142 à 146, 157-198, 261,
Aluminates divers. 129.
Alun, alun de plume 199.
Alunite. 198. — produit dans les houillères enflammées. 227.
Amalgame. 129.
Amas, définition. 148.
Ambre jaune. 230.
Améthyste. 254.
Amiante, à quoi tient sa souplesse. 63. — Sa nature. 286.
Amiantoïde. 272.
Ammoniaque, moyen de reconnaître sa présence (voyez Sel ammoniac). 103.
Amphibole. 285.
Analcime. 145, 273.
Analyse des minéraux. 104. — comparaison des analyses. 108. — leur discussion. 116.
Anatase. 130, 169.
Angles des cristaux, leur mesure. 8.
Anglésite. 194.
Anhydrite. 195.
Antimoine, comment on reconnaît sa présence. 97, 100, 101. — Ses caractères. 172. — Ses combinaisons. 130, 172, 190.
Anthracite. 221.
Apatite. 133, 177.
Apreté de certains minéraux. 89.
Argent, moyen de reconnaître sa présence. 101. — Comment il se trouve dans la nature. 152. — Ses combinaisons avec l'antimoine, le soufre, le chlore, le sélénium. 183, 191, 201, 204.
Argent rouge. 191.
Argiles sa ifères. 205. — diverses. 142, 262.
Argyrithrose, argyrose. 182, 191.
Arragonite, ses groupements. 43. — Fournit un exemple de dimorphisme. 39. — Ses caractères. 237, 246.
Arséniates divers. 132, 176.
Arsenic, moyen de reconnaître sa présence. 97, 99. — Comment il se trouve dans la nature. 130, 173.
Arséniures. 130, 173.
Asbeste, sa structure. 63. — Sa nature. 285.
Asphalte. 228.
Astérie, astérisme dans certains cristaux. 77.
Atomes, système atomique. 109.
Aventurine. 260.
Axes d'élasticité. 83. — de réfraction. 70, 72.
Atakamite. 207.
Augite. 284.
Axinite. 146, 278.
Azotates, comment on les reconnaît. 98, 100. — Ceux qui se trouvent dans la nature. 215.
Azur de cobalt. 174.
Azurite. 249.

B

Baryte, moyen de reconnaître sa présence. 102. — Ses combinaisons. 138, 141, 194.
Barytine. 194.

Digitized by Google

Bas-relief de St-Philippe. 55.
Basalte, ce que c'est. 156, 268.
Béril. 272.
Berthiérite. 145, 275.
Berzeline. 201.
Bismuth, ce qui fait découvrir sa présence. 101. — Ses combinaisons. 130, 172.
Bitume. 228. — élastique. 231.
Blende. 185.
Bleu de montagne. 249. — de Prusse natif. 178. — Thénard. 174.
Bois altérés. 224. — bitumineux. 227. — pétrifiés.
Bombes volcaniques. 53.
Boracite, défaut de symétrie. 36. — Son électricité. 88. — Ses caractères naturels. 142, 252.
Borates, comment on les reconnaît. 98. — Leur nombre. 142. — Leurs caractères. 252.
Borax. 251.
Borosilicates. 252.
Bournonite. 192.
Brewsterite. 145. 273.
Brome, indices de sa présence. 100.
Bromures. 138. — naturels. 207.

C

Cadmium (indices du). 100. — Ses combinaisons. 186.
Cailloux roulés. 53.
Calamine. 146, 248, 288.
Calcaire de diverses époques de formations. 161. — Ses caractères, ses variétés. 237, 238.
Calcédoine. 254, 258.
Calomel. 206.
Caoutchouc fossile. 231.
Caractères des corps bruts. 2. — des divers groupes cristallins. 21 et suiv.
Carbonates, comment on les reconnaît. 98. — Leur nombre. 141, 237. Carbonate de chaux. 238. — de cuivre. 249. — de fer. 247.
Carbone, indice de sa présence. 100. — Ses divers états. 141. — Caractère des espèces. 218, 221, etc.
Carbures. 141.
Carnatite. 144, 266.
Carpholite. 144, 275.
Cassure, ses diverses formes. 65.
Cause des variations des formes. 39.
Célestine. 194.
Cendres noires et rouges. 228.
Cendres bleues et vertes. 249.
Cercle parhélique dans les minéraux. 78.
Cérérite. 287.
Cérine. 271.
Cérium, ses caractères. 104. — Ses combinaisons. 271, 287.
Céruse (analyse de). 107. — Ses caractères. 237, 251.
Chabasie. 145. 273.
Chaleur et froid produits par les minéraux. 88.
Chalkolite. 135, 178.
Chalkopyrite, Chalkosine. 189.
Charbon de terre. 222.
Chalumeau, son emploi. 93.
Chamoisite. 148, 275.
Chaux (indices de la). 102. — carbonatée. 238. — fluatée. 208. — sulfatée. 195.
Chaux grasse, maigre, hydraulique. 242.
Chlore, indices de sa présence. 98, 100. — Son existence. 203.
Chloropale. 274.
Chlorites. 144, 274.
Chlorures. 138. — Caractères des espèces naturelles. 203.
Choc du briquet. 85.
Chrichtonite. 130, 169.
Chromates et chromites. 129, 167.
Chrome, indices de sa présence. 101. — Ses composés. 129, 167.
Chrysolite orientale. 157. — des volcans. 280.
Chrysoprase. 260.
Cinabre. 186.
Cire fossile. 231.
Classification, théorie générale. 121. — Espèces minérales. 123. — Genres. 124. — Famille. 125.
Clausthalie. 201.
Clivage, ses diverses espèces. 57.
Cobalt, indices de sa présence. 101. — (Arséniate de). 134, 176. — (Arséniure de). 130, 173. — (Sulfate de). 200.
Cobaltine ou cobalt-gris. 230, 175.
Coke. 226.
Colorados, matière argentifère. 153, 204, 207.
Composition chimique des minéraux. 92.
Coralloïdes (formes). 51.
Corindon, 139, 155.
Cornaline, sa couleur. 80. Voyez Calcédoine. 254.
Corps vivants et corps bruts. 1. — Simples. 1. — Comment se forment les corps bruts. 5. — Electro-positifs et électro-négatifs. 92. — Classification des corps bruts. 122.
Couche, définition. 148.
Couleurs dans les minéraux. 79.
Couronnes dans les minéraux. 79.
Craie, sa position dans la série des sédiments. 161, 239, 241.
Crayon de mine de plomb. 221. — rouge. 161.
Cristal de roche (voyez Quarz). 253.
Cristallisation, comment elle se fait. 7. — Moyen de la faire varier. 39. — (Système de). 21.

Digitized by Google

Cristallographie. Faits fondamentaux. 12. — Formes primitives et secondaires. 59.
Cristaux, ce que c'est. 7. — Mesure des angles. 8. — Leur modification. 12. — Leur réunion en groupes ou système. 21. — Loi de symétrie. 34. — Causes de leur variation. 39. — Leurs groupements, transposition et hémitropie. 42, 44. — Leurs oblitérations. 46. — Leurs clivages. 58. — Cristaux secondaires, leurs lois. 59. — Cristaux à un axe ou deux axes de réfraction. 71. — Cristaux attractifs et répulsifs. 74.
Crocoïse. 129, 167.
Croisette (voyez Staurotide groupée). 44.
Cuivre, indice de sa présence. 101. — natif. 154. — pyriteux. 189. — gris. 192. — jaune. 185. — (Arséniate de). 132, 176. — (Carbonate de). 249. — (Phosphate de). 133, 178. — Ses oxydes. 128, 129. — Séléniure, sulfate, chlorure. 200, 201, 207.
Cube. Système de cristallisation auquel il appartient. 23.
Cyanite ou disthène. 261.
Cymophane. 129, 157.

D

Décroissements, hypothèse relative aux formes secondaires. 58.
Deliquescence. 91.
Dendrites, formes dendritiques. 50. — Structure dendritique. 62.
Diallogite. 140, 237.
Diallage, 147, 283.
Diamant. Sa dureté. 184. — Ses caractères, son gisement. 218.
Dichroïsme. 76.
Dimorphisme. 38.
Diopside. 147, 284.
Diorite (roche). 268.
Disomose. 130, 175.
Disthène. 142, 261.
Dodécaèdre rhomboïdal. 14. — bipyramidal. 20. — pentagonal. 37.
Dolérite (roche). 268, 285.
Dolomie. 237, 248.
Dorure. 152.
Double réfraction. 68.
Dureté. 84.

E

Eau, indices de sa présence dans les corps. 97. — Son existence naturelle. 211. — Eaux minérales. 182, 201, 214, 236, 251.
Eclat des minéraux. 76.
Ecume de mer (voyez Magnésite). 282.
Efflorescence. 91.
Elatérite, bitume élastique. 231.
Elasticité. 82.
Electricité. 87. — Electroscope. 88.
Eléments, leur nombre. 1.
Emeraude orientale (voyez Corindon). 158. — Emeraude vraie. 142, 272.
Emeri ou Émeril. 156.
Epidote, genre de minéraux. 271.
Epigénie. 55.
Epsomite. 200.
Eritrine. 134, 176.
Escarboucle. 271.
Espèce minérale. 123. — Ses variétés, métis. 127.
Essais chimiques. 93.
Etain, indices de sa présence. 101. — Ses minerais. 131, 176.
Euchaïrite. 201.
Euphotide (roche). 268.

F

Famille minéralogique. 125.
Fassaïte. 284.
Feldspath (genre de minéraux). 264. — vitreux. 266.
Fer, indices de sa présence. 102. — natif ou météorique. 158. — oligiste. 128, 157. — oxydulé ou magnétique. 163. — hydraté et en grains. 162. — Ses divers oxydes. 128. — (Arséniate de). 132, 176. — (Chromate de). 129, 167. — (Phosphate de). 133, 178. — (Sulfures de). 186. — Sulfate. 200. — carburé (voyez Graphite). 220. — spathique. 247. — Berthierite et chamoisite. 275.
Ferrates divers. 128.
Feu d'oxydation et de réduction. 94. — grisou. 232. — naturel. 233.
Filets capillaires, leur production. 53.
Filons, définition. 149.
Fontaines ardentes. 233.
Forêts sous-marines. 234.
Forme, n'est pas essentielle aux corps bruts. 2. — Formes régulières ou cristallines (voyez Cristaux). 8. — primitives et secondaires. 34, 59. — Loi de symétrie. 34. — Cause des variations des formes. 39. — Isomorphisme. 39. — Formes oblitérées. 46. — Formes irrégulières diverses. 49 à 56.
Formules atomiques. 111.
Fluor, indice de sa présence. 98, 100. — Ses combinaisons. 139, 208.
Froid au contact des minéraux. 88.
Fulgurite. 254.
Fumarolles. 215.

G

Gadolinite. 146, 287.
Gahnite. 129, 157.
Galène. 184.

Digitized by Google

Gaz carbonique. 236. — sulfureux. 193. — hydrogène simple, carboné, sulfuré. 210, 232, 182.
Genre minéralogique. 124.
Géodes. 53.
Geyser, sources jaillissantes d'Islande. 215.
Giobertite. 237, 251.
Girasol. 261.
Glaciers et glacières. 211, 212.
Glucine, indice de sa présence. 103.
Gneiss, définition. 156.
Goniomètres divers. 8.
Goudron minéral. 228.
Granite, définition. 156, 257. — orbiculaire. 268.
Graphite. 220.
Grenaillement des matières minérales. 53.
Grenat (genre de minéraux). 270.
Grès cristallisé. 54. — Diverses sortes de grès. 160.
Grisou et feu grisou. 232.
Groupe cristallin. 21.
Groupement des cristaux. 42. Groupements irréguliers. 49.
Gypse. 195.

H

Happement à la langue. 89.
Hatchétine. 231.
Haüyne. 147; 279.
Hédenbergite. 147, 284.
Hématite rouge et brune. 160, 162.
Hémitropie et transposition. 44.
Herborisation (voyez Dendrite). 50.
Heullandite. 147, 273.
Hisingerite. 274.
Houille de diverses espèces. 222. — éclatante ou anthracite. 221. — maigre ou lignite. 227.
Hornblende. 285.
Huile de gabian ou pétrole. 232.
Hyacinthe. 271.
Hyalomictes (roche). 257.
Hydrates, comment on les reconnaît. 97.
Hydrogène. 210. — carboné. 232. — sulfuré. 182.
Hydrolite. 145, 273.
Hydrophane. 257.

I

Icosaèdre de la nature. 37.
Idocrase. 142, 271.
Incrustation. 55.
Indices de réfraction. 67.
Indicolite. 278.
Individu minéralogique. 123.
Inflammation des houillères. 226.
Iode, indices de sa présence. 100.
Iodures divers. 139, 207.
Iridium, indices de sa présence. 100. — mélangé avec le minerai de platine. 149.
Iridosmine. 130, 172.
Iris, intérieur et superficiel. 81.
Isomorphisme. 39. — éclairé par les formules atomiques. 115.

J

Jaspe. 254. — Jaspe-opale. 256.
Jaune de chrome. 167.
Jayet. 228.

K

Kaolin. 270.
Karat, poids pour la vente du diamant. 219.
Karstenite. 195.
Kérargyre. 204.
Kérasine. 206.
Kermès, minéral. 134, 173.

L

Labradorite, ses iris. 81. — Sa nature. 266. — Base des laves. 268.
Lacs salés. 206.
Laiton. 185.
Lampe de sûreté. 233.
Lapis-lazuli. 279.
Laumonite. 145, 273.
Laves. 161.
Lazulite 279.
Leberkies. 188.
Lépidolite. 276.
Lignite 227.
Limonite. 128, 162.
Lithine, indices de sa présence. 102. — Matières dont on l'extrait principalement. 266.
Loi de symétrie. 34. — Lois de cristallisation. 59. — Lois de combinaison. 109, 113.
Ludus Helmontii. 57.

M

Macles (voyez Transposition et Hémitropie.) 44.
Macle de Bretagne (voyez Andalousite). 48.
Magnésie, indices de sa présence. 102. — Carbonate. 237, 251. — Sulfate. 200.
Magnésite. 146, 282.
Magnétisme. 87.
Maillechort. 175.
Malachite. 249.
Manganates divers. 128.
Manganèse, indices de sa présence. 101. — Ses oxydes. 128, 164. — (Phosphate de). 133, 178.

Digitized by Google

Marbre ruiniforme. 80. — diverses espèces de marbres. 243.
Marécanite. 268.
Marne (analyse de). 106. — Variété et emploi. 239, 245.
Marmolite. 282.
Mélanite. 142, 270.
Mélaphyre, porphyre à base de labradorite. 268.
Ménilite. 259.
Mercure, indices de sa présence. 111. — Ses caractères naturels. 153. — Ses combinaisons. 128, 137, 138, 186, 206.
Mésotype. 145. 273.
Mesure des cristaux. 8.
Méthode naturelle. 121.
Métis minéralogique. 127.
Mica, son action sur la lumière. 73. — Sa nature. 275.
Micaschiste, définition. 156, 257.
Miroir des Incas. 188.
Mimétèse. 132, 176.
Minéraux, définition. 5. — Leur propriétés physiques. 7. — Leur composition. 92. — Leur essai chimique. 97. — Leur analyse. 104. — Leur classification. 121. — Description des espèces les plus utiles. 148.
Mine de plomb (voyez Graphite). 220.
Mine de..., minerai de... (voyez le nom du métal).
Minium. 104, 128.
Mispikel. 130, 176.
Modification des cristaux. 12.
Mofète. 236.
Molybdène, indices de sa présence. 101. Son sulfure ou molybdénite. 188. — Combinaisons de son acide. 129, 168.
Momie. 230.
Mortiers. 242.
Moulage (forme par). 55.
Muriacite. 195.
Myargyrite. 192.

N

Naphte. 231.
Natron. 250.
Neiges éternelles. 211.
Nickel, indice de sa présence. 101. — (Arséniure de). 130, 174. — (Arséniate de) 134. — Silicate. 275.
Nitrates (voyez Azotates). 210.
Nitre cubique. 211.
Noyau ou forme primitive des cristaux. 58.

O

Oblitération des cristaux. 46.
Obsidiennes 269.
Ocre rouge. 161. — jaune. 162.
Octaèdres de diverses espèces. 13 à 29.
Odeur et saveur des minéraux. 90.
Œil de chat (quarz). 260. — Action sur la lumière. 78. — Son emploi. 260.
Oligiste ou fer oligiste, 128, 159.
Olivine ou péridot. 280.
Onctuosité de certains minéraux. 89.
Opale, ses couleurs. 81. — Ses caractères, sa manière d'être. 256, 258.
Or et ses usages. 150, 152. — Or blanc (voyez Platine). 148, et tellure aurifère. 202. — Or graphique. 202.
Orpiment. 192.
Orthose. 264. — Ses roches. 267.
Osmium, indices de sa présence. 100. — Sa combinaison avec l'iridium. 172.
Oxydes, leur caractère chimique. 97 à 104. — d'étain. 131, 170. — de fer. 128. — de manganèse. 128, 164.
Outremer de cobalt. 174. — naturel. 279.
Ozokérite. 231.

P

Pacos, matière argentifère. 153, 204, 207.
Palladium 103, 147.
Panabase. 192.
Paraffine naturelle. 231.
Parallélipipèdes naturels de diverses espèces. 13 à 30.
Pegmatite (roche granitique). 257.
Péridot. 146, 280.
Perlite. 269.
Peroxyde de fer. 159. — de manganèse 128, 164.
Pétalite. 265.
Pétrification. 55, 56.
Pétrole, 231.
Phosphates, caractères. 99.—divers. 133, 177.
Phosphorescence. 81.
Picrosmine. 147, 282.
Pierre d'aigle. 53, 162. — d'aimant. 164. — d'alun. 198. — des Amazones. 268. — d'arquebuse. 188. — calcaire. 239. — gelive. 242. — à jésu. 198. — de Labrador, ses couleurs. 81, sa nature. 268. — lithographique. 245. — à plâtre. 197. — à détacher. 268. — de lune, de soleil. 268. — ponce. 269. — météoriques. 158. — meulière. 256, 258, 260.
Pikrolites. 147, 282.
Pimelite. 144, 275.
Pisolite, formation. 52. — de fer. 168. — de calcaire. 240.
Pittisite. 200.
Platine. 148.
Pléonaste. 129, 157.
Plomb, indices de sa présence. 102. (Arséniate de). 132, 176. — (Molybdate de). 129, 168. — Phosphate. 133, 177. — Chlorure. 206. — Séléniure. 201. — Sulfate. 194. — Sulfure. 137, 184.
Plombagine ou graphite. 220.

Digitized by Google

Poids atomiques. 109, 120.
Poids spécifiques. 85.
Poix minérale. 228.
Polarisation, ce que c'est. 69. — (Angle de). 75.
Polybasite. 192.
Polychroïsme. 76.
Ponce. 269.
Porcellanite. 227.
Porphyre. 267. — orbiculaire. 268.
Potasse, indices de sa présence. 102. — Ses sels naturels. 207, 216.
Prismes de diverses espèces. 16 à 31. — Leurs groupements. 42.
Proustite. 192.
Psaturose. 191.
Puits artésiens. 212.
Pyrallolite. 147, 282.
Pyramides de diverses espèces. 16, 20.
Pyrite. 186. — blanche. 187. — cuivreuse. 189. — magnétique. 188.
Pyrolusite. 128, 164.
Pyromorphite. 133, 177.
Pyroxène. 284.

Q

Quarz ou cristal de roche, exemple du système rhomboédrique. 33. — Couches d'accroissement. 61. — Sa compacité. 63. — Sa cassure conique, conchoïdale. 65. — Son indice de réfraction. 67. — Sa double réfraction. 71, 74, 75. — Ses caractères. 252. — Son gisement. 257. — Ses usages. 259.

R

Réalgar. 192.
Réfraction simple et double. 66, 68.
Rétinasphalte. 230.
Rétinite. 269.
Retrait, forme et structure qu'il produit. 56, 64.
Rhodium. 149.
Rhomboèdre, et rhomboïde 31.
Rognons cristallins. 50.— compactes. 53.
Rouge de Prusse. 161.
Rubellite. 278.
Rubis, corindon rouge. 155.
Rubis balais. 157.
Rutile. 130, 169.
Ryakolite. 266.

S

Safre, préparation de cobalt. 174.
Salmare. 204.
Salmiac. 207.
Salpêtre. 216.
Sanguine. 161.
Saphir, corindon. 155.
Sassoline (acide Borique). 251.
Saveur. 91.
Scheelin calcaire, ferruginé. 128, 168.
Scheirérite. 231.
Schiste alumineux. 199. — argileux et micacé. 156. — bitumineux. 224. — cuivreux. 190.
Scolezite. 145, 273.
Sel ammoniac. 207, 227. — d'Epsom. 200. — gemme ou sel marin. 204.
Sélénite. 195.
Sélénium, indice de sa présence. 97, 99.
Séléniures divers. 135, 201.
Serpentine. 147, 281.
Sidérétine. 134, 176.
Sidérochrome. 129, 167.
Sidéroschisolite. 144, 274.
Sidérose. 237, 247.
Siénite (roche). 267.
Signes atomiques. 111. — chimiques et minéralogiques. 114. — cristallographiques. 60.
Silex ou calcédoine. 254. — carié. 256. — nectique. 256.
Silicates, leurs caractères. 98. — Leurs espèces. 142, 261.
Silice, ses caractères. 99. — Ses variétés. 252.
Smalt, verre de cobalt. 174.
Smaltine. 130, 173.
Smithsonite. 248.
Solides réguliers ou cristaux. 13.
Soude, indices de sa présence. 102.—Ses sels. 201, 204, 216, 250.
Soufre, indices de sa présence. 97.—Ses variétés. 179. — Ses combinaisons. 135.
Sources. 214. — jaillissantes. 215. — salifères. 205.
Spath calcaire. 237. — fluor. 208.
Spath d'Islande, sa double réfraction. 68.
Sperkies. 187.
Sphène. 130, 169.
Sphérolite. 267.
Spinelle. 129, 157.
Stalactites, leur formation. 52.
Staurotide. 142, 261.
Stéatite. 146, 281.
Stibine. 190.
Stilbite. 145, 273.
Strontiane, indices de sa présence. 102 —Ses combinaisons naturelles. 194, 251
Strontianite. 251.
Structure régulière 57. — irrégulière. 61. — schisteuse. 63.
Succin. 230.
Suif fossile. 231.
Sulfates, comment on les reconnaît. 98. — Leurs espèces. 138, 193, 200.
Sulfures, comment on les reconnaît. 97 — Leurs espèces. 135, 181.
Sylvine. 207.
Symétrie des modifications. 34.
Système atomique. 109. — Système de cristallisation. 33.

Digitized by Google

T

Table des poids atomiques. 120.
Talc. 146, 280.
Tantalates et tantale, caractères. 99. — Espèces. 128, 168.
Tellure, caractères. 97, 99. — natif et ses combinaisons. 202.
Terrains de cristallisation et de sédiment. 148. — Leurs divisions. 161.
Terre d'Italie, terre d'Ombre, terre de Sienne. 163. — de Cologne. 234. — à foulon. 262. — à porcelaine. 270. — de Vérone et terre verte. 274.
Tétraèdre, ses modifications. 13. — régulier. 23.
Thallite. 271.
Théorie atomique. 110.
Thénardite. 201.
Thompsonite. 273.
Thorine, ses caractères. 103. — Substance qui la renferme. 288.
Thorite. 288.
Titane, titanates 99, 130, 169.
Topaze orientale (voyez Corindon, 155, et Cymophane. 157). Topaze. 209.
Tourbe 235.
Tourmaline, ses défauts de symétrie. 37. — Son électricité. 88. — Ses caractères. 146, 277.
Trachytes. 161, 268.
Transposition et hémitropie. 44
Trapézoèdre. 13.
Trémies, leurs productions. 49.
Trémolite. 147, 285.
Triphane 144, 266.
Triplite. 135, 178.
Tripoli des houillères enflammées. 226.
Tuf calcaire. 240. — d'opale. 216, 259
Tungstène et tungstates. 99, 128, 166.
Turquoise. 178.

U

Urane, indices de sa présence. 104.—Ses combinaisons. 129, 168.
Uranite. 135, 178.
Urao (carbonate de soude). 250.

V

Vanadium. 167.
Variétés de l'espèce minérale. 127.
Variolites. 267.
Vauquelinite. 129, 167.
Vermillon. 186.
Vert de montagne. 249.
Volcans de boue. 248.

W

Webstérite. 200.
Whithérite. 237, 251.
Wolfram. 128, 168.

Y

Yttria, caractères. 104. — Substance qui la renferme. 287.

Z

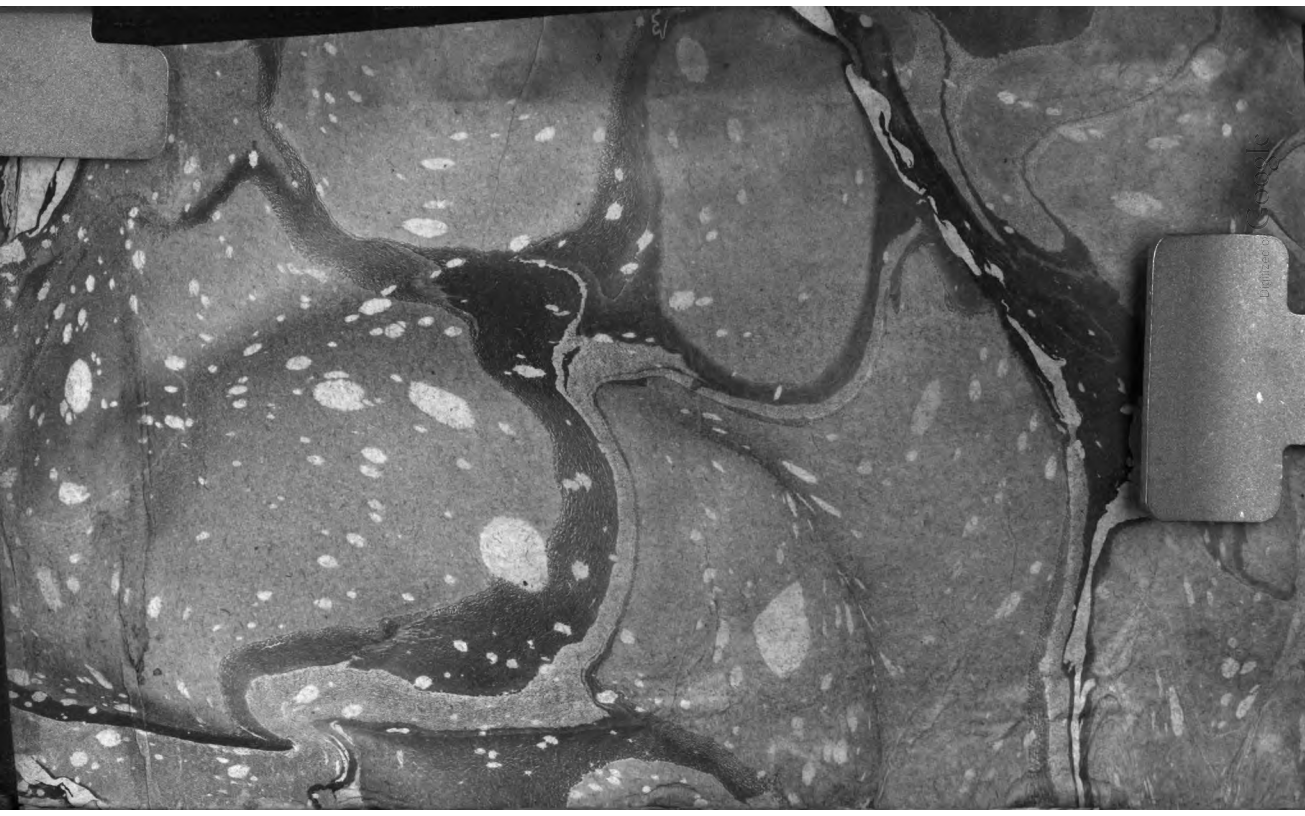
Zéolites. 273.
Zinc, indice de sa présence. 101. — carbonaté. 248. — sulfaté. 200. — sulfuré. 185. — Silicate de... 288.
Zinconise. 249.
Zircone, caractères. 104. — Substance qui la renferme. 146, 147, 287.
Zoïsite. 271.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Google



Digitized by Google